علمـــاء
غيروا التاريخ

بكر محمد إبراهيم

الناشر

مركز الراية للنشر والاعلام

اسم الكتاب : علماء غيرو التاريخ

بقلـــم : بكر محمد إبراهيم

الطبعة : الأولى ٢٠٠٥

الناشر : مركز الراية للنشر والإعلام

فكرة الكتاب : للناشر أحمد فكرى .

الاشراف والمتابعة : كريم أحمد فكرى .

رقم الإيداع : 4853/2005

الترقيم الدولى : 7 - 084 - 354 - 977

المقدمة

الحمد لله وحده والصلاة والسلام على من لا نبى بعده. سيدنا محمد وعلى آله وصحبه وسلم.

وبعـــد ،،،

فهذا كتاب علماء غيرو التاريخ أخترت أن أتحدث فيه عن علماء غربيين فى عصر النهضة الأوربية ومنهم جاليليو الذى اكتشف المقربات (التلسكوبات) واعتنق نظرية كوبر نيقوس عن دوران المجموعة الشمسية حول الشمس.

وهؤلاء العلماء المذكورون فى الكتاب من أبرز العلماء الذين غيروا التاريخ فمنهم كما ذكرنا جاليليو واسحاق نيوتن صاحب نظرية الجاذبية وجيمس وات مخترع الآلات البخارية وجوزيف بلاك صاحب التحليل الكيميائى وآدم سميث وكوبر نيقوس وبولفن وط ووليم مردوك وجيمس سذرن وهطن صاحب الثورة الجيولوجية ، وتشارلز داروين صاحب نظرية النشوء والارتقاء والتطور ، ولافوازييه صاحب الكيمياء العضوية .

كما يتضمن الكتاب عبر فصوله الكثير من المواد العلمية الشيقة والاختراعات العظمى والتطور الصناعى والزراعى فى أوروبا والذى انتقل منها إلى كثير من بلدان العالم .

هؤلاء العلماء المذكورين فى الكتاب مع غيرهم أسسوا عصر النهضة وغيروا التاريخ بنظرياتهم العلمية وآرائهم الجريئة .

ولنترك القارئ يستمتع بفصول وصفحات هذا الكتاب المثير .

نفع الله به والحمد لله الذى بنعمته تتم الصالحات.

المؤلف : بكر محمد إبراهيم

الفصل الأول :

أخر الإنجازات

العظمى للعلم فى عصر النهضة

فى الخامس عشر من فبراير عام ١٥٦٤ ، ولد فى بيزا جاليليو جاليلى إنه نفس العام الذى ولد فيه شكسبير، وقد توفى فى عام ١٦٤٢، الذى شهد ميلاد إسحق نيوتن .

وينحدر جاليليو عن احدى العائلات القيادية فى فلورنسا . فقد كان والده موسيقيا مبرزاً، درس كبلر أعماله حينما كان يحاول اكتشاف التناغمات فى السموات. وكان الوالد نصيراً مفوهاً للبحث العقلى الحر، وربما ترك ذلك تأثيراً هاماً فى تشكيل اتجاه جاليليو. على أية حال ، لم تنعم العائلة بثراء. وعندما كان جاليليو فى الثامنة عشرة، أرسل إلى مدرسة للجزويت[1]. على مقربة من فلورنسا .

---

(١) سيعرض هذا الفصل لخطورة تواترات العلاقة بين جاليليو والجزويت، والتى أودت فى النهاية بكرامة جاليليو مقابل النفاذ بالبقية من حياته؛ فمن المفيد الآن إلقاء الضوء على وضعية ومكانة الجزويت بالنسبة لحركة العلم .

فأولا كانت مدارسهم أفضل المدارس لتلقى العلم فى عصر النهضة وبواكير العصر الحديث، لأن الجزويت كانوا آنذاك أكثر رجال الدين اضطلاعا بالعلم.

واحتل الآباء الجزويت مكانة خاصة وسطوة عظيمة فى الفاتيكان، لأنهم أشد الطوائف محافظة على أصوليات العقيدة الكاثوليكية التقليدية . وفى ذلك العصر المتقد الهائج كان يسود الكنيسة صراع بين حزب رجعى محافظ يخشى أن تزلزل العلوم والآداب الحديثة كيان الكنيسة وتزعزع العقيدة الدينية، وحزب تقدمى يطالب بتفتح الكنيسة على العلوم والآداب الحديثة لتساير العصر ويبقى الدين محتفظاً بدماء الحياة فى شرايينه. وقد تزعم الآباء الجزويت الحزب الرجعى المحافظ، وكان من أقطابهم

وقد أوتى عقلا متوقداً وذاكرة قوية، مكناه من تلاوة مقاطع طويلة من الشعر. فكانت أولى محاضراته ذات الاعتبار قطعة فى النقد الأدبى، ناقش فيها مكان وحجم جحيم دانتى.

وقد رأى والده أنه أنسب لامتهان العلم منه للعمل، ولذا أرسله وهو فى عامه السابع عشر، ليدرس الطب فى بيزا. وكان أستاذ جاليليو ثمت هو الفيزيائى وعالم النبات البارز كسالبينو Cesalpion. وحضر محاضرات فى أرسطو، ودوّن عنها تعليقاً موجزاً واعياً. لقد احترم أرسطو موضع البحث والتساؤل . إن ولعه بالجدل والمناظر والمناظرة، وطاقته العقلية الحادة والعظيمة قد أكسباه لقب (المتجادل).

وبعد التحاقه بالجامعة، سرعان ما لفت انتباهه مصباح متدل يهتز حينما كان يجلس فى مصلى كنيسة الجامعة إبان صلاة عامة، فبدأ يراقب المصباح، وخرج بانطباع مؤداه أن مدة الاهتزاز لا تتوقف على حجمه. ولما آب إلى منزله فحص هذا الانطباع عن طريق كرة من الحديد وقطعة من الخيط فكان فى

الكاردينال بيلارمينو، الذى أجرى التحقيق مع جيوردانو برنو وأدانه وأصدر الحكم بحرقه عام ١٦٠٠. وظل بيلارمينو دائما يثير المخاوف من نظريات الفلك الحديث، وهو الذى يقف وراء استدعاء محاكم التفتيش لجليليو فى نهاية الأمر. ومن هنا نفهم لماذا كان الآباء الجزويت من أوسع رجال الدين فى ذلك العصر معرفة بالرياضات والعلوم وانكباباً على دراستها وبطبيعة الحال العلوم الأرسطية القديمة المتسقة مع التصورات اللاهوتية التقليدية، وعلى وجه الخصوص النظرية الفلكية البطلمية، محور الصراع، وأولى وأهم محاور الصراع بين العلم والدين، وذلك لكى يتمكن الآباء الجوزيت من العلوم الحديثة الصاعدة الواعدة.

ولعل اعتناق انجلترا للبرتستانتية وبالتالى التى تخلصها من كل نفوذ أو تأثير للجوزيت كان من العوامل التى أدت إلى تفجر التقدم العلمى فى انجلترا أبان القرن التالى .

عامه الثامن عشر حين اكتشف خاصية البندول ، التى كان من شأنها أن تجعل له تلك الأهمية فى تطور الساعة .

ولم يستتر اهتمام جاليليو بالرياضيات حتى عامه الدراسى الثانى حين تصادف أن رأى عالم الرياضة ريتشى Ricci[1] يعطى درساً فى أقليدس لوصفاء جراندوق فلورنسا وبغتة تبدى له مغزاه بطريقة تكاد تكون فورية.

---

(١) كان معلم الرياضة هذا، واسمه أوستيليو ريتشى، صديقا لأسرة جاليليو فراح منذ عام ١٥٨٣ يعلم، جاليليو الرياضيات سراً دون علم أبيه ، إذ كان تدريس الرياضيات لا يحظى أنذاك باهتمام كبير فى جامعة بيزا . وقد سطعت موهبة جاليليو فى الرياضيات لدرجة أذهلت معلمه ريتشى . فاستأذن ريتشى أباه فى أن يواصل تعليمه، ووافق الأب مشترطاً ألا يجور ذلك على دراسة الطب التى اختارها لابنه لأنها مهنة مجزية . هذا على الرغم من أن جاليليو لم يبد أى اهتمام بدراسة الطب مما تأدى به فى النهاية إلى أن يعود إلى فلورنسا دون الحصول على درجة علمية من جامعة بيزا لا فى الطب ولا فى غيره.

(د. لويس عوض ، ثورة الفكر فى عصر النهضة الأوربية ، مركز الأهرام للترجمة والنشر، القاهرة، سنة ١٩٧٨. ص ٢٧٤ مابعدها)

وكان ريتشى يدعو إلى التخلى عن الفيزياء الأرسطية . ولكن أهم ما استفاده منه جاليليو هو أنه – أى ريتشى كان يعلم الرياضيات بعقلية مهندس ، أى على أساس أن مبادئ الرياضة قابلة لتطبيق العملى. وها هنا نزع الفتيل لتفجير قنبلة التقدم العلمى الحديث . فسوف يلتقط جاليليو الخيط ، ويفضل قواه المبدعه الخلاقة فى الرياضيات وفى التجريب على السواء ، سيغدو منذ ذلك الحين فصاعداً سر أسرار تقدم العلوم الطبيعية هو أنها نتاج توشج قطبين أساسين هما لغة الرياضيات ووقائع التجريب، حتى أن جاستون باشلار (١٨٨٤ – ١٩٦٢) شيخ فلاسفة فرنسا، يعرف الطبيعيات بأنها : «حقل فكرى يتعين برياضيات وتجارب، كما ينشط إلى أقصى حد فى اقتران الرياضيات والتجربة».

(جاستون باشلار، العقلانية التطبيقية، ترجمة د. بسام الهاشم، دار الشؤون الثقافية، بغداد ١٩٨٧ ص٢٨)

ولعل جاليليو قد تعلم من أرشميدس أو أخذ عنه أصول التآزر المثمر الخصيب بين الرياضيات والتجريب والاقتران الحميم بينهما ، ولكن الذى لا شك فيه أن جاليليو هو الذى أقحمه فى بنية العصر الحديث ، وألقاه أساساً مكيناً للعلم الحديث المفارق للعلم القديم، حتى غداً من خواصه.

ومعرفته بالهندسة وبريتشى أفضت به إلى دراسة أرشميدس، فكانت أعمال أرشميدس هى أول ما كشف له عن قوة العلم ومعناه الكاملين. وتعلم من أرشميدس كيف يستخدم الرياضيات ليجعل التجارب الفيزيائية تعطى معلومات أكثر دقة وعمقا. لقد هيأ جاليليو منهج أرشميدس للمشاكل الحديثة. ومن ثم أصبح أول من يمثل المنهج العلمى الحديث وبصورة يشعر معها علماء عصرنا هذا بأنه منهجهم.

وربما كان أعظم إنجاز لجاليليو هو جعل المنهج العلمى أكثر جلاءً وتحديداً من ناحية، صفيت عقليته بفعل المنطق الأرشميدى، ومن الناحية الأخرى، ساعدته الخبرة المتراكمة بالحرف المتحررة والمتطورة على أن يكتسب استبصاراً متزايداً بكيفية السلوك الفعلى للأجسام.

وعلى أية حال، لم يظفر بمنصب أكاديمى، حيث إنه غادر جامعة بيزا دون الحصول على شهادة علمية. وتكسب بعض عيشه عن طريق التدريس الخصوصى، وحاول أصدقاؤه أن يكفلوا له منصب الأستاذية ، فرفضته خمس جامعات.

ولحسن الحظ خلا عام ١٥٨٩ كرسى الرياضيات فى جامعة بيزا، وتم تعيين جاليليو فيه . ووجب عليه الآن تدريس العلم الأرسطى كجزء من واجبه المهنى، ومن ثم اصطنع بحثاً نسقياً للميكانيكا الأرسطية، والاضافات التى أضيفت إليها عن طريق الأرسطيين فى العصور الوسطى.

إن اختراع القذف المدفعى وتطور الماكينات، قد خلعا أهمية عملية كبرى على الفهم الدقيق لمسلك الأجسام المتحركة بسرعة، لاسيما الأجسام الساقطة بحرية كقذائف المدافع . وصعوبة أن نكشف على نحو دقيق كيف تسلك

الأجسام الساقطة بحرية تكمن فى أنها تسقط بسرعة كما أشرنا. ولم تكن صناعة الأدوات بعد متقدمة بدرجة تكفى لإنجاز هذا بصورة مباشرة.

وقد تفادى جاليليو تلك الصعوبة عن طريق إبطاء السقوط ولكن تغيير خاصيته. وفعل هذا بأن دحرج كرات معدنية صغيرة إلى أسفل سطح مستو مائل، مفترضا أنها ستتبع نفس قانون السقوط كما لو كانت قد أسقطت عمودياً، لكن تتبعه بسرعة أبطأ.

وحصل على عارضة خشبية ملساء طولها حوالى ثمانية عشر قدماً واصطنع قناة على طول حافتها العلوية . ثم قام باسناد أحد جانبيها ليغدو أعلى من الآخر بما يتراوح بين قدم وثلاثة أقدام، دحرج كرات معدنية صغيرة وملساء إلى أسفل القناة ، فجرت ببطء يكفى لأن يقاس بدقة معقولة عن طريق الوسائط التى كانت فى حوزته «إذ قاس الوقت بواسطة ساعة مائية، وكان يفتح الميزاب ويغلقه بأصبعه حينما تمر الكرة فى بداية ونهاية الامتداد فى القناة.

وقال إن الكرة إذا دُحرجت بصورة متكررة إلى مسافة معينة أسفل القناة، فإن المقاييس المتخذة للوقت لا تختلف فيما بينها بأكثر من معشار خفقة - النبض. ومن تحليله للطريقة التى تتزايد بها سرعة الكرة، أحرز برهاناً تجريبياً لقانون العجلة(١) تحت تأثير الجاذبية ، وقياسا دقيقاً لمعدل العجلة .

وأخذ فى اعتباره ما يمكن أن يحدث حينما تعطى الكرة دفعه إلى أعلى القناة فإذا كان ميل العارضة ضئيلاً جداً فإن سرعة الكرة سوف تتناقص ببطء شديد. أما إذا كانت العارضة مستوية ولا تُحدث احتكاكاً ، فإن الكرة ستظل

---

(١) العجلة acceleration معدل التغير فى سرعة الجسم المتحرك بالنسبة لوحدة الزمن.

تسير إلى الأبد، وبدون أن تفقد أى قدر من سرعتها الأصلية ، وعلى هذا يظل الجسم على حالة الحركة ما لم يعترضه شئ وهذا ينطوى على فكرة القصور.

وقد تبين أن حركة الجسيم المقذوف خارج عمود رأسى ، كحركة قذيفة المدفع يمكن أن تنحل إلى سرعتين : إحداهما فى موازاة العمود الرأسى، والأخرى فى موازاة السطح الأفقى. ويمكن تمثيلهما فى رسم بيانى . وأشار إلى أن مسار قذيفة المدفع ، إذا ما تحررت من مقاومة الهواء سيكون فى الواقع قطعاً مكافئاً ، لأن سرعتها فى موازاة السطح الأفقى ستظل ثابتة بينما تزيد سرعتها الرأسية بمعدل مربع زمن السقوط .

وفى عام ١٥٩٢ عُين جاليليو فى بادوا، حيث تقاضى مرتباً متواضعاً ولكن حظى باستقبال عقلى رائع ومكث ثمت لمدة ثمانية عشر عاماً، وكان يحاضر لجمهور عريض من المستمعين، ويواصل أبحاثاً متعددة الجوانب وخصيبة، واخترع أداته لقياس الزوايا بهدف تبسيط الحسابات. وهى تتكون من مسطرتين مائلتين ومتمفصلتين من احدى الطرفين، بحيث يمكن تحريكهما فوق ربع دائرة (أى ٩٠) .

وتحوى المسطرتان وربع الدائرة على علامات تُمكّن من إجراء أنماط مختلفة من الحسابات، من قبيل معدلات الفائدة ، واستخراج الجذور وحجم المجسمات (مثلا، السدود فى التحصينات) وتصاعد الطلب العريض على هذه الأداة والتى أصبحت من ذلك الحين ودائما جزءاً من معدات المهندسين.

اجتذب جاليليو الطلاب من بقاع عديدة فى أوربا، ومن بينهم فرديناند Ferdinand الذى أصبح فيما بعد امبراطور ألمانيا، وعاش جاليليو فى منزل فسيح، آوى فيه حوالى عشرين طالباً، والمنزل ذو حديقة ، كان يحلو له أن

يناقش فيها العلم مع تلامذته ، إبان قيامه بالحرث وتقليم الأشجار ، أو تناول العشاء تحت ظلالها.

وظهر فى عام ١٦٠٤ مستسعر Nova ، أو نجم جديد، كان له تأثير على جاليليو يماثل التأثير الذى كان لمستسعر عام ١٥٧٥ على تيخو. لقد أثار اهتمامه بالفلك وعدم توافق هذا المستسعر مع الفكرة العتيقة لنظام النجوم الثابتة، زاد من اقتناع جاليليو بصدق النظرية الكوبرنيقية. وبهذا الدليل الجديد المتاح ، وفى أجواء بادوا الأكثر حرية ، أصبح يشعر الآن أنه قادر على تأييد النظرية الكوبرنيقية جهاراً نهاراً. لقد غدت البندقية آنذاك ذات قوة تكفى لأن تردع روما عن التدخل فى الأمور العقلية على أراضيها.

وفى غضون هذا كان جاليليو قد اتصل بجراندوق توسكانيا. وعمل فى الأعياد الدينية كمدرس خصوصى لولده كوسيمو مديتشى Cosimo Medici وكان آنذاك صبيا فى الحادية عشرة من عمره.

وفى عام ١٦٠٩ سمع جاليليو عن الاختراع الهولندى للمقراب (التلسكوب). سرعان ما صنع واحداً خاصاً به وصوبه نحو مواقع شتى ليخرج بنتائج مذهلة جداً. لقد صعد الحكام البنادقة برج كامبانيلا الشهير ، وشاهدوا السفن القصيّة عنهم تبدو وكأنها جلبت قريباً منهم.

وعلى الفور أدركوا القيمة الحربية والتجارية لهذا الاختراع، فرفعوا مرتب جاليليو وكفلوا له كرسى الجامعة مدى الحياة . فصنع مقراباً أضخم كان يُكبر ثلاثين مرة وصوبه نحو السماء .

وكان مفعوله النافذ أن فتح نافذة على الكون، فقد أميط اللثام عن سلسلة

معجزة من الكشوف، وشوهد درب التبانة ليحوى عدداً لا يُحصى من النجوم المتناثرة. وأُدركت الجبال على القمر، وتم تقدير ارتفاعها بالأميال من أطوال ظلالها ورأى جاليليو الجسم الكروى لكوكب المشترى محاطاً بأربعة أقمار .

وبسرعة دوّن جاليليو نبذة عن فيض الكشوف، تحت عنوان (رسول النجوم) أو (الرسول النجمى) Sidereal Messenger . كانت وصفية بسيطة ومتقدة، نجم عنها استثارة أبعد كثيراً من حدود عالم العلم، بحيث يمكن مقارنتها فقط بتلك الكشوف الحديثة من قبيل اطلاق الطاقة الذرية. لقد كانت طبيعة اكتشافات جاليليو التلسكوبية مختلفة تماماً عن طبيعة تأسيسه للميكانيكا، والذى ما كان ليجتذب فى ذلك الوقت سوى القلة من طليعة الخبراء.

لقد هيأ لكل إنسان، فضلا عن عدد صغير من العلماء، بسطاً مكثفا لوقائع كيفية إمكان تقدير قيمتها بغير تخصصات رياضية.

وكانت ملاحظة المشترى وأقماره الأربعة الدوارة ذات أهمية خاصة . فإذ كان الله قد خلق نموذجاً للنظام الكوبرنيقى ، أفلا يمكن أن يكون سبحانه قد خلق النظام الشمسى بنفس التخطيط ؟ وانتشار هذه النظرة في الأوساط العامة قد فعل لتوطيد قبول النظام الكوبرنيقى أكثر مما فعلته الحجج الرياضية العويصة التى وجهت للفلاسفة فلم يكن وجود المشترى بأقماره برهاناً منطقياً ، بل أنه كان أكثر من المنطق.

وفي ذلك الآن استغل جاليليو الصيت الذائع الذى اكتسبه لكى يحرز فى موطنه الأصلى وظيفة شرفية[1] . فأصبح تلميذه القديم ، وهو الآن جراندوق

(١) الوظيفة الشرفية Sinecure منصب يتقاضى عنه مرتباً كبيراً ، لا يقوم مقابله بعمل كثير.

توسكانيا كوسيمو الثانى، بأنه يود كتابة عدة أبحاث فى كشوفه، وعلى وجه الخصوص فى الفلك وفى الميكانيكا . لقد رغب أن يجد منصباً ذا أجر عالٍ يحرره من العمل الروتينى البغيض فى محاضرات الجامعة ، بحيث يستطيع أن يكرس نفسه تماماً للبحث والكتابة .

وقد خلق مثل هذه المنصب خلقاً من أجل جاليليو، تحت لقب عالم الرياضة الأول لجامعة بيزا، وبمرتب عالٍ أعباء التدريس. أما أصدقاء جاليليو فقد نصحوه بألا يقبل هذا المنصب، إذ توقعوا أن دوق توسكانيا لن يكون قادراً على تزويده بالحماية التى نعم بها فى بادوا تحت حماية البندقية. كان الدوق عميق الإعجاب بجاليليو، بيد أن منصبه يعتمد من الناحية السياسية على رضوان روما، وبسبب هذا الاعتماد سيكون عليه أن يفعل فى النهاية ما تريده روما .

فى مبدأ الأمر بدا أن كل شئ يسير بصورة مشرقة. وبعد الاستقرار فى فلورنسا بفترة قصيرة، اكتشف جاليليو أطوار فينوس، وأشار إلى أنها تأكيد أبعد للنظرية الكوبرنيقية. لقد راقب البقع الشمسية ، واستنبط منها أن الشمس تدور. وأحرز اكتشافات اضافية بشأن القمر، وواصل أبحاثاً فى الهيدروستاتيكا[١]. واغتبط بالانتصار على نقاده، الذين تزايد سخطهم وأحنق الجوزويت على وجه الخصوص لأن واحداً من جماعتهم الخاصة، وهو شاينر Scheiner ، قد سبق أن لاحظ البقع الشمسية ، ولكن لأن أرسطو لم يذكرها ، فلم يُسمح لشاينر بنشر ملاحظته.

والآن أصبحت آراء جاليليو المؤيدة لكوبرنيقية مرمى للهجوم بوصفها معارضة للاهوت، وبثقة اضطلع بالمحاجة على أنها ليست هكذا. وكان مستعداً

(١) بحث رياضى يختص بالقوى والضغوط التى تتعلق بالسوائل عندما تكون ساكنة.

لأن يفسر اللاوت للاهوتيين. واعتقد أن الدوق كوسيمو سيرى أنه لن يأتى بضر. فذهب عام ١٦١٦ إلى روما، واثقاً أنه سيستطيع إقناع البابا، والكرادلة ومحكمة التفتيش بأن آراءه صائبه قوبل باحترام كبير، ولكن لم يدرك بوضوح أنه ما كان ليحرز نجاحاً سياسياً، مهما كانت دعواه العقلية .

لقد تلقى سفير الجراندوق فى روما إخطاراً بخطورة تصرف جاليليو . ويبدو أن جاليليو لم يفهم أن معارضيه يعتقدون أنه يقوض سلطة الكنيسة التى أعلن أنه هو نفسه عضو مخلص لها.

وبينما اعتقد أنه يحرز تقدماً عظيماً بقدرته على الإقناع ذُهل باستدعائه من قِبَل محكمة التفتيش لكى ينكر إيمانه بالتعاليم الكوبرنيقية التى وضعها. فعاد إلى فلورنسا مخزياً، دوّن كتيباً نقد فيه نظريات الفلكيين الجوزويت فى المذنبات.

وفيه عبر عن الرأى القائل إن «الحركة هى علة الحرارة» وميّز بين خصائص الأجسام من قبيل الحجم والشكل والمقدار، وبين الخصائص التى تنكشف للحواس من قبيل الروائح والطعوم والأصوات، والتى اعتبرها خصائص ذاتية؛ وكانت هذه هى التفرقة بين الكيفيات الأولية والثانوية ، والتى احتلت موقعاً رئيسياً فى الفلسفة الحديثة[1] وأثار هذا الكتيب حنق الجوزويت، وكان عنوانه

---

(١) أجل هذه القسمة بين الخصائص الأولية الخاضعة للتكميم الرياضى الدقيق والخصائص الثانوية التى تدركها الحواس الخادعة ، سبق أن نوّه إليها ديمقريطس (٣٦٠ – ٤٦٠ ق.م) لكن أرساها جاليليو فى مطالع العصر الحديث لتحتل موقعاً رئيسيا وياديا توجيهياً . فهى القسمة الثنائية بين الذات والموضوع التى دمغت العقلية الحديثة بجملتها وبمجرد أن أرساها جاليليو، اعتمدتها الفلسفة الحديثة فى شخص أبيها رنيه ديكارت معبر واه مضحك : الغدة الصنوبرية – وهما المادة (الموضوعية) والعقل (للذاتية) . إنه الرائد ، فاندفعت الفلسفة الحديثة بجملتها وراءه فى هذا الطريق الذى شقه، ليندس

«المجرب The Assayer» فقام جاليليو بزيارة روما مرة أخرى عام ١٦٢٤ ، مثقلا بالهدايا ولكن نظريته لم تلق قبولا فانكب على عمله (محاورات حول نظامى العالم Dialogues Two World Systems) على اعتقاد أنه سيفضى فى النهاية إلى الإقناع أرسلت المخطوطة إلى روما من أجل الاطلاع عليها ، فجاءت التوصية ببعض التصويبات ، وتضمنت احداهما حجة البابا ذاته ضد نظرية جاليليو فى المد والجزر وقد أدمجها جاليليو . ونشر العمل على النحو المرجو فى عام ١٦٣٢ .

ثم تبين أن جاليليو تعامل مع حجة البابا بأسلوب تهكمى ، واضعاً إياها فى محاوراته على لسان الساذج ، فتأجج غضب السلطات فى روما ، على

الفاصم الثانى من أولى بداياتها وحتى نهاياتها الموصولة بالفلسفة المعاصرة ، مسفراً عن حالة شيزوفرنيا صريحة .

فهى ليست ثنائية صورية فحسب ، بل عالمان منفصلان كلاهما غريب عن الآخر ومغترب عنه ، فى الأول يجد العقل اشباعه وسلطانه فيعيه ويفهمه بواسطة العلم الحتمى الرياضى الميكانيكى الصارم، ثم يجعله أكثر رغداً ورفاهية بتطبيق منجزات هذا العلم . أما العالم الثانى فلا علاقة له بهذا ، إنه عالم خلق خلقاً من أجل الذات ليكون لائقاً بانسانية الإنسان الخفاقة فيجد فيه المفهوم العميق للحياة بوصفها تمثيلات للحرية : نقيضه الحتمية العلمية . هذان العالمان ترتد إليهما الثنائيات الجمة التى دارت رحاها بين الفلسفة الحديثة : العقل والمادة (ديكارت) ... النومينا والفينومينا (كانط) .. الإرادة والتمثيل (شوبنهاور) ... الأنا واللا أنا (فشته) ... العقلى والواقعى (هيجل) ... النسبى والمطلق (شلنج) ... الآلى والغائى ...

انظر فى تفصيل هذا من المنظور العلمى (ترجمة وتقديم ودراسة د. يمنى طريف لخولى ودكتور / بدوى عبد الفتاح) : العلم والاغتراب والحرية ... مقال فى فلسفة العلم من الحتمية إلى اللا حتمية ، الهيئة العامة للكتاب ، القاهرة ، ١٩٨٧ . ص ٨ : ٣٨ .

وقارن من منظور الحرية الإنسانية (ترجمة وتقديم ودراسة د. يمنى طريف لخولى ودكتور / بدوى عبد الفتاح): الحرية الإنسانية والعلم ... مشكلة فلسفية دار الثقافة الجديدة القاهرة – ١٩٩٠ .

اعتقاد أنها خُدعت وأهينت. وعلى الفور تم إيقاف بيع الكتاب. واستدعى جاليليو إلى روما لكى تستوجبه محكمة التفتيش .

وبعد تحقيقات طويلة ، أُجبر تحت التهديد بالتعذيب، على أن ينكر إيمانه بالكوبرنيقية وهو جاث على ركبتيه، فقال إنه «بقلب مخلص وإيمان صادق ليناشدن لعن ومقت الخطايا والهرطقات التى قيلت فيما سلف» . أما الأقصوصة القائلة إنه تمتم : «ومع ذلك فهى تدور» فلا أساس لها من الصحة .

عاش جاليليو البقية الباقية من حياته محتجزاً فى بيته. وأكمل عمله الأكبر الثانى فى (علمين جديدين)، وقام بتهريبه إلى هولندا كى ينشر فظهر هناك عام ١٦٣٨. وحتى فى سنيه الأخيرة كان يحرز كشوفاً. إذ راقب نودان القمر أى الانحرافات الطفيفة فى وجه القمر ، فيما بعد بيّن نيوتن أنها تنشأ عن شذوذات فى حركة القمر .

وذكر عام ١٦٣٧ أن فترة اهتزاز البندول تتناسب مع الجذر التربيعى لطول خيطه، وحين كان فى عامه السابع والسبعين سنة ١٦٤١، قبل وفاته بعام واحد، أجرى تجارب على البندول للتحكم فى الساعات ، وبحثه فى خواص السوائل أدى به إلى إدراك أوجه القصور فى النظرية القديمة بشأن جفول الطبيعة من الفراغ . فأشار إلى أنه طالما لا تستطيع المضخة الماصة رفع الماء لأكثر من حوالى أربعة وعشرين قدما، فإن جفول الطبيعة من الفراغ محدود بحوالى أربعة وعشرين قدماً من الماء، وقد مد تلميذه تورتيشيللى Toricelli[1]

---

(١) فى أكتوبر ١٦٤١ سمحت الكنيسة للعالم الشاب تورتيشيللى أن يلازم جاليليو فى أيامه الأخيرة ، فتعاون مع سلفه فى هذه المهمة – العالم الشاب فيفيانى – فى حفظ ما أملاه جاليليو فى ختام حياته (د. لويس عوض ثورة الفكرة، ص٣٠١)

من نطاق بحوثه، واخترع بعد وفاة جاليليو بعامين البارومتر بفراغ يعلو عموداً من السائل.

وتكاد تستحيل مضاهاة خصوبة كشوف جاليليو وطاقته العقلية . كما أنه ألقى بشخصيته الضوء على الخصائص المميزة للعلماء المحدثين.

---

(١) هذه الملاحظة تدفعنا إلى وقفة عند حياة جاليليو الشخصية . فقد توفى عام ١٩٥١ الأب فنشنتزيو جاليلى ، وكان على الابن جاليليو أن يعول أسرته الكبيرة المكونة من أمه وستة من الأخوة والأخوات ، بمرتبه الضئيل إذ كان يتقاضى فى بيزا ٦٠ سكودى سنوياً ، بينما كان أستاذ الطب يتقاضى ٢٠٠٠ سكودى سنويا ، أما فى جامعة بادوا فبدأ مرتبه بمبلغ ١٨٠ فلورين سنوياً ، ثم ارتفع فى ١٥٩٨ إلى ٣٢٠ فلورين سنويا ، وارتفع فى ١٦٠٦ إلى ٥٢٠ فلورين ، حتى ارتفع عام ١٦٠٩ إلى ١٠٠٠ فلورين سنوياً . ومع ذلك ظل جاليليو فى ارتباك مالى مزمن بسبب كفالته لأسرته فقد جهز أخته فرجينيا للزواج ، ثم جهز أخته ليفيا أيضاً للزواج ، وكان ينفق على أخيه الموسيقى الموهوب المتلاف ميكلانجلو وعلى زوجته وأولاده الكثيرين .

من هنا علة تدنى سلوك جاليليو الشخصى .إذ أن هذه التبعات العائلية جعلته يعزف عن الزواج خوفاً من مسئولياته . ولم يتوان عن أن يعاشر امرأة من البندقية تدعى مارينا جامبا لمدة عشرة سنوات معاشرة غير شرعية ، بل وإن مارينا انتقلت إليه فى بادوا ولكن أقامت فى منزل مستقل تجنباً للانتقادات وأنجبت منه ابنتين هما جينيا فى ١٦٠٠ وليفيا فى ١٦٩١ . ثم أنجبت له عام ١٦٠٦ غلاماً أسماه فنشتنزيو تيمناً باسم أبيه . وقد انفصل جاليليو ومارينا على مودة عند انتقاله إلى فلورنسا عام ١٦١٠، تاركا فى كنفها ابنها الصغير لتقوم بتربيته على الرغم من زواجها من أحد معارف جاليليو ! والأدهى أنه دفع بابنتيه إلى ديرسان ماتيو لتصبحا راهبتين . وكما يقول د. لويس عوض : «هذا لون من القسوة الفظيعة التى لجأ إليها جاليليو لعلمه بأن بنتيه لا أمل لهما فى الزواج من أحد فى مثل طبقته الاجتماعية» (د. عوض ، ثورة الفكر ، م.س ، ص٢٧٥)

إنها إشكالية وعلامات استفهام تثيرها سير حياة شخصيات وعقول عظمى ساهمت فى تنوير مسيرة البشر، من أمثال فرنسيس بيكون ولا بلاس وآخرين . فكيف تجتمع عظمة العقلية وتألقها مع وضاعة الشخصية وتدنى سلوكها ؟ !

لقد مال إلى الاعتقاد بأنه طالما يتحدث مع السلطات فى العلم الفيزيائى فسيملك طوع بنانه حججاً مساوياً تماماً لحجة الفيزيائية، فى فروع المعرفة الأخرى، كاللاهوت والسياسة، فهذا الشخص الذى كان منطقه بكل ذلك النفاذ فى العلم ، كشف عن بصر حسير فى نواح أخرى .

لقد كان جاليليو نتاجاً لعصر ذاهب إلى الأفول، تماماً كما كان خالقاً لعصر جديد. وبينما تألقت عقليته، عكست حياته الشخصية ضعة الشرف، والتناقضات فى نظام اجتماعى وشيك التحلل.

الفصل الثانى :

التفجير الإنجليزى

كانت انجلترا إحدى البلدان التى تطورت فيها الأشكال الاجتماعية الجديدة والحياة العلمية بأسرع الصور ففى سنة ١٦٤١ ، قبل وفاة جاليليو بعام واحد، تم انتزاع السلطة السياسية فيها من براثن الملكية العتيقة، المتشبثة بحقها المقدس، وذلك بفضل تجار لندن وملاك الأراضى ذوى العقول الأكثر نزوعاً للعمل التجارى.

وكما يمثلهم البرلمان. وفى غضون سنوات قلائل، كان النظام الإجتماعى الإنجليزى قد طرأ عليه تغير عميق. وتخلقت أجواء للتوحيد بين العقلانية والحماسة، مغايرة تماماً لأمجاد إيطاليا البائدة. فى هذه الأجواء ازدهرت التجارة والعلم ازدهاراً مدهشاً .

وكانت أعمال فرنسيس بيكون، المولود عام ١٥٦١ والمتوفى عام ١٦٢٦، إيذاناً ساطعاً بالمرامى العلمية للعصر الجديد . فقد استخلص من تاريخ العلم، فى العصور الحديثة والقديمة، تصوراً للمنهج العلمى، حيث نجد الملاحظة والتصنيف والتجربة تفضى إلى تكوين النظريات. وهذه بدورها ستظل تفضى إلى تجارب أكثر نفاذاً، ونظريات أعمق، ريثما تمتد المعرفة إمتداداً رحيباً، وربما حتى جوهر الخلود، «إن كان ذلك ممكناً» . لقد وضع إقتراحاً بإعادة بناء لمجمل العلوم والفنون وسائر المعرفة، وفقًا لخطة العمل المرسومة .

وفى كتابه (أطلانطس الجديدة) وضع صورة وصفية أدبية لشكل جديد من أشكال التنظيم الإجتماعى، يحكمه مجتمع علمى معنى بتقدم الإنسان ورفاهته وفى تخطيط عمله (الإحياء العظيم The Great In stauration) اقتراح تصوراً عاماً لكيفية إعادة بناء المجتمع الإنسانى على خطوط علمية،

بإمكانيات غير محدودة للرفاهة والكشف والقوة ؛ بيد أنه لم يتمكن إلا من إكمال بعض أجزاء هذا العمل، والتى تتمثل فى كتابيه (تقدم التعليم Advancement of Learning) و (الأورجانون الجديد-Orgnum No†vum)، أو الأداة الجديدة، أو المنهج الجديد .

وحاول البرلمانيون الظافرون ومناصروهم العقلانيون تنفيذ أفكار بيكون . وفى الطليعة من هؤلاء جون ويلكنز J.Wilkins، والذى أصبح زوج شقيقة أوليفر كروموبل . ولد ويلكنز عام ١٦١٤[١] . وفى عام ١٦٣٨ نشر كتاباً بعنوان «اكتشاف عالم جديد» ونشر عام ١٦٤١ كتابه (مقال حول كوكب جديد) . الكتاب الأول يحوى حججاً تؤيد افتراض أن القمر عالم مأهول .

وأظهر الكتاب أنه قارىء جيد للعلم فى العصر الوسيط والعلم المعاصر له بما فى هذا كبلر وجاليليو . وعندما حاول أن يتنبأ بنوعية الظروف التى سيهبط فيها المسافرون إلى القمر، لم تختلف مناقشته لطبيعة سطح القمر عن مناقشة علماء الفلك المحدثين .

وحاج بأنه طالما لم يعد حينذاك دريك Drake[٢] أو كولومبوس للقيام بمثل هذه الرحلة، «أفلا يحتمل أن تستنهض الأزمنة التالية أرواحاً فذة من أجل المحاولات الجديدة، والإختراعات الغريبة، كأى من تلك التى كانت قبلهم ؟ «وناقش المعدات التى يمكن أن يحتاجها رائد الفضاء كى يبقى حياً .

واعتقد أن البشر سوف يتمكنون من «صنع مركبة طيارة» يستطيعون بواسطتها السفر عبر الهواء .

(١) توفى عام ١٦٧٢.

(٢) فرنسيس دريك (١٥٤٠ - ١٥٩٥) بحار انجليزى من أعظم المستكشفين الانجليز جال العالم بسفينة شراعية فى رحلة استغرقت ثلاث سنوات حقق خلالها كشوفا جغرافية هامة وبلغ عشقه للبحر أن أوصى أن يودع جثمانه فى تابوت ويلقى فى المحيط.

ولما كان ويلكنز معلمًا خصوصيًا لعائلة أحد قواد البرلمان، فقد اكتسب معرفة شخصية بحكام الأمة. وكان نشطًا فى دوائر لندن العلمية، التى تواصلت مع الحكام الجدد للبلد وعكست اتجاههم نحو العلم. كان هذا الإتجاه هو إتجاه التجار وملاك الأراضى الذين نظروا إلى أراضيهم بوصفها عملاً لتكوين الأرباح أكثر منها وسيلة لمواصلة الحياة الإقطاعية، والكثيرون منهم عنوا بالتعدين وإستثمار المعادن من تحت أراضيهم أكثر من عنايتهم بزراعة الأراضى نفسها. وأفصحوا عن إهتمام تواق لاختراع وتطوير ماكينات التعدين، وخصوصًا الماكينات التى تنزح الماء بعيدًا عن أشغال التعدين .

وقد تمركز علماء لندن المتصلون بالبرلمانيين حول كلية جريشام، حيث كانوا يتلاقون من أجل المناقشات. علىٰ أية حال، صودرت الكلية لإيوائها حشود الجند خلال عمليات البرلمان العسكرية ضد شارل الأول، وهذا جعل تلاقى العلماء أصعب لكن لم يثبط من حماسهم، الذى استثارته الأحداث السياسية الجسيمة.

وفى عام ١٦٤٧، تحسن الموقف بالنسبة للعلماء، وذلك حين قام كرومويل بتعيين ويلكنز مراقبًا لكلية ودهام Wedham، فى أكسفورد، بهدف تحويل الجامعة من جامعة ملكية إلى معقل من معاقل البرلمان .

واجتذب ويلكنز إلى أكسفورد العديد من العلماء الذين وجدوا ظروف العمل عسيرة فى لندن. ومن بين هؤلاء عالم الرياضيات جون واليس J.Wallis، ووليم بيتى W.Betty وهو رجل بارز من طراز جديد، ومؤسس لعلم الإحصاء فقد بادر بتصور العلم الذى تطلبته التجارة والأعمال الحديثة. وكان لويلكنز تلاميذ موهوبون جدًا من بينهم كرستوفر رن C.Wren† وروبرت هوك R.Hooke فضلاً عن رجال لندن الذين تجمعوا حوله، وآخرين، أمثال روبرت بويل الذى استقر فى لندن بناءً على دعوته .

وانتقلت المناقشات التى دارت بين العلماء فى لندن إلى أكسفورد . وفيما بعد عندما أصبحت لندن أكثر استقراراً، إستؤنفت اللقاءات فى كلية جريشام، وبعد أن أظهر كريستوفر رن قدرات علمية عظمى، تم تعيينه عام ١٦٥٧ إستاذاً للفلك فى جريشام، وكان أنذاك فى الخاسة العشرين من عمره [١] . ويشير إليه إسحق نيوتن، برفقة واليس وهويجنز، بوصفه واحداً من «أعظم علماء الهندسة فى عهودنا». فقد إستفاد نيوتن من تجارب رن التى أقامت الدليل البيّن على قوانين التصادم. وأجرى رن أبحاثًا شتى هامة بيد أنه لم يواصلها كثيراً، إذ سرعان ما اجتذبته أستاذية العمارة .

ومع إحياء كلية جريشام بتعيين رن وآخرين، شكّل العلماء عادة الإجتماع بعد محاضراته من أجل مناقشات أوسع . وفى واحد من هذه اللقاءات، عام ١٦٦٠ وكان ويلكنز رئيس الجلسة، اقترح العلماء أن ينظموا أنفسهم فى جمعية. وحينما حصلوا على موافقة شارل الثانى تشكلت الجمعية على النحو المنشود بوصفها الجمعية الملكية فى لندن Royal society of london .

وكان ويلكنز أول سكرتير لها، فلأنه زوج شقيقة كرومويل لم يكن مستحسنًا أن يرأسها. وتحت تأثير ويلكنز على وجه الخصوص شرعت الجمعية الملكية فى تطوير مرسوم للعلم وعلى وجه الحديد تبعًا للخطوط التى إقترحها بيكون. وعهدت الجمعية لتلميذ ويلكنز، روبرت هوك بمتابعة البحوث التجريبية فى المواضيع التى تملى عليه .

وقد ولد روبرت هوك عام ١٦٣٥، ابنًا لواحد من رعاة الأبرشية الفقراء ويبدو أنه يمت بصلة قراية بعيدة لكريستوفر رن. وكان صبياً هزيلاً، ضعيف البنية، مما سبب له مزاجًا متقلبًا لازمه طوال حياته. وأفصح منذ نعومة أظفاره

---

(١) ولد كريستوفر رن عام ١٦٣٢، وتوفى عام ١٧٢٣ . وصورته مرسومة حتى الآن على أحد وجهى الجنيه الإنجليزى (الاسترلينى) ، وعلى الوجه الآخر صورة الملكة.

عن موهبة لافتة للأنظار . إذ حظى بذاكرة خارقة ، وميول ميكانيكية وموهبة فى فن الرسم [1] . وقد عهد له روبرت بويل بالعمل كمساعد فى التجارب . وصنع مضخة هوائية محسنة إستخدمها بويل فى تجاربه الشهيره على خواص الهواء. لقد مارس هوك التجريب فى ميادين مترامية لدرجة فائقة. وقام بتجارب عديدة على نموذج الماكينات الطائرة . وأصبح معنيًا بالفلك، وساقه هذا إلى مشاكل قياس الزمن، وتركيب ساعات لتعيين خطوط الطول عبر البحر. وإخترع الساعة الزنبركية. وأجرى تحسينات على مقياس الضغط الجوى (البارومتر)، جاعلاً إياه صالحًا للإستخدام العام فى الأرصاد الجوية .

وُعين هوك أستاذًا للهندسة فى كلية جريشام عام ١٦٦٥ . وفى نفس هذا العام نشر عمله العظيم «الميكرجرافيا Micrographia» فى البحث بواسطة المجهر. ومن ضمن الإكتشافات الجمة المسجلة فى هذا الكتاب الخلية البيولوجية والتى تعرف عليها أولاً فى نسيج الخضروات .

وأصبحت صورته للقملة تحظى بشهرة خاصة ، ودراسته لخيط الحرير، وكيف تصنعه دودة القز، ساقته إلى أن يقترح اختراعًا بتصنيع الحرير الصناعى، عن طريق دفع مادة غروية خلال ثقوب صغيرة .

وبحثه لخواص رقائق رفيعة جدًا من الزجاج قاده إلى إكتشاف حيود الضوء[2]. ولاحظ الحلقات الملونة التى يحدثها، والتى عرفت فيما بعد باسم «حلقات نيوتن». وبخلاف أبحاثه التجريبية، تفكر هوك فى ميكانيكا النظام الشمس[3].

---

(١) وكان هوك عازفاً بارعاً وموهوبا أيضا فى فن الموسيقى .

(٢) حيود الضوء هو ظاهرة انحراف شعاع الضوء انحرافاً ضئيلا عند مروره بحافة حادة أو حول سطح بالغ الصغر ، أو من خلال ثقب بالغ الضيق .

(٣) أى القوى والطاقة المؤثرة فى حركة النظام الشمسى.

وخامره الشعور بأن الكواكب خلقت لكى تدور فى مداراتها بواسطة قوى الجاذبية التى تختلف تبعًا للتناسب العكسى مع مربع المسافة بينها وبين الشمس(١) .

لقد عمل مؤسسو الجمعية الملكية ، برفقة جمع آخر من رجال موهوبين ، على إخراج أمة متكاتفة من العلماء تنطلق من برنامج حصيف للتطور العلمى من أجل الغايات الفلسفية والعلمية على السواء .

ومهد عملهم الطريق لإنبثاقة إسحق نيوتن، الذى ولد يوم عيد الميلاد المجيد (الكريسماس) من عام ١٦٤٢، فى لانكشير على مقربة من جرانتهام Grantham .

---

(١) قد يدهشنا هذا التعدد والتنوع فى انجازات هوك ، ويدهشنا بنفس القدر أنه على الرغم منها ومن كونه معاصراً لنيوتن وموطناً له، لم يحتل الدور الذى يستحقه فى الخطوات الجوهرية لتقدم العلم ، خصوصاً وأنه سبق فى وضع قانون الجاذبية أو النظرية الفيزيائية العامة !! فقد نشر عام ١٦٧٤ كتابه «محاولة لاثبات الحركة السنوية للأرض من الرصودات» يقدم فيه ثلاثة فروض يراها لازمة لبناء النظرية الكونية العامة ، وفحواها عين قوانين نيوتن الثلاثة . ومن ثم يؤكد هوك على أساسها أنه سبق نيوتن الكونية العامة ، وفحواها عين فحوى قوانين نيوتن الثلاثة . ومن ثم يؤكد هوك على أساسها أنه سبق نيوتن فى وضع قوانين الجاذبية وبالتالى تفسير حركة الكواكب . وبعض مؤرخى العلم يرجحون هذا ، مستندين إلى الصراع الشخصى بين هوك ونيوتن وأن المجتمع الانجليزى قد حسمه لصالح نيوتن الذى تبوأ منزلة رفيعة .

ولكن السبب الحقيقى الذى حال بين هوك وبين احتلال مكانة فى تاريخ التقدم العلمى هو أن قدراته الفنية والتجريبية الفذة لم تعززها قدرات رياضية ، بل ولم يكن حتى متمكنا من الرياضيات ، وفروضه الثلاثة جاءت فى لغة كيفية وصفية بينما صاغها نيوتن باللغة الرياضية الدقيقة .

هكذا تراجع هوك قليلا عن الصف الأول لأنه أتى بعد أن أصبحت الرياضيات ألف باء الفيزياء ولغتها.

راجع فوربس ، وديكستر هوز ، تاريخ العلم والتكنولوجيا ، ترجمة د. أسامة الخولى ، ص ٢٨٥ : ٣٠٨.

وشب عن الطوق وتلق تعليمه إبان عهد الجمهورية الإنجليزية[1] ، ولك على خلاف العلماء من أسلافه المباشرين، لم يبلغ طور الرجولة فى كنفها. وأرسل إلى كمبردج عام ١٦٦١، وهكذا بدأ حياته الراشدة بعد عودة الملكية. وكان نيوتن إبنًا لفلاح يملك قطعة أرض يزرعها . ومات أبوه شابًا[2]، فتزوجت أمه من رجل دين موسر. وكان لنيوتن منذ صدر شبابه دخل مضمون مدى الحياة يبلغ مائتى جنيهًا فى العام ، وكانت فى تلك الأيام تكفل له إقامة الأود. وأُرسل إلى مدرسة محلية متوسطة وفيها أصبح أخيرًا طالبًا متفوقًا فى دراسته. وكان هادئًا نزاعًا للتأمل ولا يحب الألعاب العنيفة، ومغرمًا بصنع اللعب الميكانيكية وقراءة الكتب العلمية .

ولأنه لم يبد إستعدادًا للزراعة، فقد أرسل إلى كلية ترينتى، فى كمبردج ، ليؤهل كرجل دين . ولم يبد أية مقدرة خاصة حتى انتقل إلى إشراف إسحق بارو I.Barrow. وهذا العالم الرياضى البارز الذى درس الإغريقية اللاهوت كان ملكيًا متحمسًا ومقاتلاً جسورًا.

وكان لويلكنز حق تقديم أستاذ على الآخرين، وبموجب هذا الحق عيّن بارو عام ١٦٦٣ فى الكرسى اللوقانى Lucasian المنشأ حديثًا للرياضيات فى جامعة كمبردج ، وكان آنذاك فى الثالثة والثلاثين من عمره. وقد وضع فى بحوثه حلولاً لمشاكل معينة من بينها مناهج حساب التفاضل والتكامل، وأحرز تقدمًا فى دراسة البصريات الهندسية .

---

(١) أى الحكومة الانجليزية فى غياب الملكية وحكم أوليفر كروموبل (صهر ويلكنز) وولده. وقد استمرت منذ عام ١٦٤٩ حتى عام ١٦٦٠ بإعادة الملكية وارتقاء الملك تشارلز الثانى العرش فى الفترة ما بين عامى ١٦٦٠ - ١٦٨٥ ، وخلفه جيمس الثانى ١٦٨٥ - ١٦٨٨ .

(٢) توفى قبل ولادة ابنة اسحق نيوتن بثلاث أشهر .

وتحت إشراف بارو توجهت عقلية نيوتن، وبعد عام أتاح له بارو منحة دراسية، وهى التى أفضت به إلى الإنخراط فى الحياة الأكاديمية، بدلاً من أن يصبح رجل دين. وبدأ يطالع أبحاث ديكارت فى الهندسة التحليلية ، والتى إبتكر فيها إستخدام الجبر لحل المشاكل الهندسية. وهذا الإبتكار شأنه شأن إبتكار رمزية أفضل للأرقام أو إبتكار الحاسوب ، أعطى المنهج مكانًا أوسع فى حل المشاكل.

ومن ثم يسّر تقدم العلم تيسيرًا عظيمًا. وكان ديكارت قد إبتكر هندسته التحليلية كوسيله لحساب الكميات فى رسوم جاليليو البيانية لحركة الأجسام .

وفى عام ١٦٦١ كان نيوتن قد وضع بالفعل ملاحظات على نظرية النظام الكوبر نيقى. ومنذ ذلك الحين أصبح مطلعًا على اثنتين من فئات الأفكار، وهما ميكانيكا جاليليو وهندسة ديكارت، وليكسبهما دقة أعظم . وفى نفس الوقت إهتم إهتمامًا مماثلاً بالبصريات التجريبية والنظرية متبعًا فى هذا بارو، وقرأ كتاب كبلر (البصريات) الذى ألهمه بصنع أول مقراب عاكس، وهو أصل المقراب العاكس لمائتى بوصة على جبل بالومار(١) .

وبعد ذلك فى صيف ١٦٦٥، إضطر نيوتن لمغادرة كمبردج بسبب الطاعون الدبلى فعاد إلى موطنه لينكولنشير فى وولزثورب وخلال العامين التاليين قضى هنالك وقتًا أكثر مما قضى فى كمبردج.

---

(١) المقراب (التسكوب) العاكس الذى اخترعه نيوتن يعالج الزيغ الضوئى الناجم عن العدسات المستخدمة فى المقاريب الأخرى ، وقد فكر فيه وتصوره علماء كثيرون قبل نيوتن أهمهم ديكارت .

وبطبيعة الحال كان ذلك المقراب صورة بدائية أو مبدئية ، صنعها نيوتن بنفسه وأهداء إلى الجمعية الملكية ولا تزال تحتفظ به حتى اليوم كأحد مقتنياتها الثمينة تاريخياً ، ثم تطور مع الأيام حتى وصل إلى المقراب العملاق الذى تكلف ملايين الدولارات ، ووضع على جبل بالومار.

وكان عقله مفعمًا بمعرفة وأفكار جديدة، كان يتأمل فيها ويجرى عليها التجارب بلا إنقطاع. وفى غضون عامين كان قد تصور نظرية الجاذبية.

وإبتكر حساب التفاضل والتكامل، واكتشف مبرهنة المعادلة ذات الحدين، والمنهج العام للتعبير عن الدوال الجبرية فى السلاسل اللامتناهية، ووضع إكتشافه التجريبى الأعظم لطيف الضوء .

وفيما بعد كتب نيوتن يشير إلى هذه الفترة قائلاً : «كل هذا كان فى عامى الطاعون الدبلى ١٦٦٥، ١٦٦٦، لأننى فى تلك الأيام كنت فى ريعان عهدى باختراع، ونزاعًا إلى الرياضيات والفلسفة أكثر مما كنت فى أى وقت آخر».

وفى عام ١٦٦٩ تخلى بارو عن مقعده من أجل تلميذه النجيب، كما أراد أن يتكرس أكثر للاهوت، والذى كان آنذاك ذا مقام أعلى . وكان نيوتن فى ذلك الوقت منعمًا تمامًا، تبعًا لقيم تلك المرحلة . فعليه فقط أن يلقى أربعًا وعشرين محاضرة فى العام . وكان أول مقرر لمحاضراته فى البصريات .

ونما إلى سمع الجمعية الملكية أنها مادة علمية مبتكرة فكتبت إليه للإستعلام. ورد عليها بإرسال وصف لمقرابه العاكس، ونسخه مطابقة . وأدهشته الإثارة التى أحدثها المقراب، إذ كان يعتبره مجرد شىء تافه.

ورأى ضرورة أن يرسل إليهم مقالاً عظيم القيمة فعلاً، ولابد وأن يتضمن «أغرب كشف، إن لم يكن أهم ما تم إنجازه حتى الآن بشأن عمليات الطبيعة».

ومثل هذه الكلمات من شاب لم ينشر حتى الآن أى شىء، كانت فى الواقع أليق بأستاذ جليل، بيد أنها مشيدة على أساس متين، وتحمل خصائص شخصية نيوتن. وكان البحث الذى أحاله إليهم يتضمن إكتشافه لطيف الضوء.

ويرى هيزنبرج البرهنة على أن الضوء يتكون من حزم من الأشعة ذات

معاملات الإنكسار المختلفة حتى أن أى شعاع من الضوء يمكن تحليله بدقة إلى مكوناته المنفردة، إنما هى نقطة البدء فى الفيزياء النظرية الحديثة، لأنها مكّنت من إخضاع ظواهر الضوء للوصف والتحليل الرياضيين. وأول مقال نشر لنيوتن رفعه على الفور من وضع مغمور إلى المنزلة العالمية. على أنه ساهم أيضاً فى بدء المتاعب فى العلاقات الشخصية مع العلماء الآخرين، والتى تنامت مع السنين .

إن مقال نيوتن، المنشور عام ١٦٧١، يدين لكتاب روبرت هوك (الميكروجرافيا) ديناً أكبر مما يطيب لنيوتن الإعتراف به. وأحس هوك، الذى يكبر نيوتن بسبعة أعوام، إحساساً لا يشوبه ريب بأن نيوتن أخذ من كتابه أكثر كثيراً مما إعترف به. جفل نيوتن من هذا التعريض وجاهر برغبته فى ترك الجمعية الملكية. وبدا فى ظاهر أمره وكأنه ينسحب أكثر نحو البحث فى اللاهوت والسيمياء.

وفى عام ١٦٧٩ أصبح هوك سكرتيراً للجمعية الملكية . وبوصفه هكذا، بات لزاماً عليه أن يضمن المقالات الهامة، وكتب إلى نيوتن بكياسة، يسأله عما إذا كان لديه أية أخبار علمية. فكتب نيوتن رداً ساخراً، وأضاف فى خاتمته نبأ صغيراً ساراً «لكى تحلو إجابتى»، كما قال لهالى Hally فيما بعد. فقد ناقش ماذا يمكن أن يحدث لو أسقطت كرة صغيرة من إرتفاع شاهق، وبغير مقاومة.

وإقترح أنها سوف تقترب من مركز الأرض على شكل حلزون حلقاته متزايدة التقارب. وتناقش فى هذا هوك و رن وفلامستيد وآخرون.

وأشار هوك إلى أنها ينبغى أن تدور حول الأرض على شكل إهليلج . وخجل نيوتن من أن يصوب خطأه هوك، دوناً عن البشر أجمعين .

وباغتياظ شديد إنكب على رياضيات المدارات الكوكبية، وأشبع غروره

بإثبات أنه إذا تحرك الكوكب حول الشمس فى شكل إهليلج فسينتج عن هذا أن قوة الجاذبية التى تحفظ متحركًا لابد وأن تختلف إختلافًا يتناسب تناسبًا عكسيًا مع مربع المسافة بين الكوكب والشمس .واستبقى هذا لنفسه.

وعلى مدى خمس سنوات تالية، كان هوك و رن وهالى لازالوا يناقشون هذه المشكلة وبغير أن يجدوا حلاً. وفى عام ١٦٨٤ ذهب هالى إلى كمبردج ليشاور نيوتن، وكم كانت دهشته حين علم أنه حل المشكلة منذ أعوام خلت. وعندئذ إنطلق هالى ليحث العبقرية الحساسة على أن يطور نظريته فى الجاذبية ويدونها باستفاضة . كان نيوتن فى الثانية والأربعين، وهالى شابًا شديد الذكاء والقدرة على الإقناع .

إن هالى قد استحدث نيوتن على كتابة (Principia Mathematica Philosophiae Naturalis) (المبادىء الرياضية للفلسفة الطبيعية) ليس هذا فحسب ، بل وأنفق من جيبه على نشره . حتى أن نيوتن كان يتحدث إلى هالى عن (البرنكيبا) ، وهو أعظم الكتب العلمية طراً، بقوله (كتابك)[1].

وضع نيوتن المادة لعلمية لكتاب (برنكيبا) فى هيئتها العامة خلال مدة تقرب من ثمانية عشر شهراً. ويحتوى على ما يعادل ربع مليون كلمة، ويتكون الجزء الأول من بيان قوانين الحركة، وعمل جاليليو هاهنا قد إمتد نطاقه واكتسب صياغة رياضية أكمل.

وفى الجزء الثانى حلل نيوتن حركة الأجسام فى وسط مقاوم وكان هذا ضروريًا لإكتشاف ما إذا كانت الأجرام السماوية تتحرك فى وسط مقاوم أم فى فضاء خال وبموجب هذا، قام بتطبيق الرياضيات على نظرية الغازات والسوائل.

---

(١) يسمى هذا الكتاب عادة بالكلمة الأولى فى عنوانه بنطقها اللاتينى ، فيقال (برنكيبا Principia) أى (المبادئ) كناية عن (المبادئ الرياضية للفسلفة الطبيعية).

وبين أن قانون بويل والذى بمقتضاه يتغير حجم الغاز بما يتناسب عكسياً مع ضغطه، يمكن اشتقاقه رياضياً من نظرية ذرية فى المادة . وحسب سرعة الموجات الصوتية .

واختبر نتائجه عن طريق الصدى الذى يمكن سماعه بأحد الأبنية فى كلية ترينتى. وتحليله استنتج شكل الجسم الذى يعطى أقل مقاومة ممكنة فى مروره خلال سائل واقتراح أنه يمكن «أن يفيد فى بناء السفن».

وفى الجزء الثالث طبق نسقه الميكانيكى الكامل فى تحليل حركة الأجرام السماوية متصوراً إياها ككتل من المادة تشد كل منها الأخرى تبعًا لقوانين الجاذبية . ووضع نيوتن نظرية التوابع الفلكية المصطنعة، وفى ١٧٢٨، بعد وفاته بعام واحد، نشر رسم تخطيطى يوضح مداراتها. إن التباين الحاد بين وصف نيوتن الكامل للعالم الفيزيقى، كما كان معروفًا آنذاك، حتى أدق تفاصيله.

وبين تلمس كوبرنيقوس للطريق ورجم كبلر للغيب ومحاولات ديكارت الخاطئة، هو على وجه التقريب التباين الحاد بين الفوق بشرى والبشرى. ولم تكتشف الأشياء الصغرى التى تتعارض مع نظريته إلا بعد مائتين من السنين. وبدا أن نيوتن قد ارتفع بالجنس البشرى إلى نطاق معرفى جديد وأرقى. وتبدى عالمه كساعة ميكانيكية كاملة، صنعها الخلاق وجعلها تنطلق فى عملها، ثم تركها لتسير بنفسها إلى الأبد .

واعتقد نيوتن أن التضمنات اللاهوتية لعمله لها الأهمية الأعظم . وحسب أنه أقام الدليل على أن العالم قد صنعه بالضرورة موجود عاقل، وأن الله تبعًا لهذا موجود بالضرورة .

وهو على أية حال لم ينس أبداً أن نظريته فى النظام الشمسى أعطت من حيث المبدأ مفتاحًا لحل أهم المشاكل العملية والعلمية فى إنجلترا إبان عصره :

الحساب الدقيق لخطوط الطول ولنظرية المد والجزر بل وحتى لمستويات المد فى الموانىء الإنجليزية الهامة. وضع قبيل نهاية كتاب (البرنكبيا) تعليقًا يقول فيه إن تحليله «قدم خدمات وفيرة لتفسير كل حركات الأجرام السماوية»، وأضاف «وكل حركات بحرنا» .

وبعد نشر كتاب (البرنكبيا) تاق لمنصب رسمى. فقام تلميذه السابق تشارلز مونتاجو Ch Motague ، والذى أصبح فيما بعد لورد هاليفاكس Halifax، بتعيينه مراقبًا عامًا لدار سك النقود عام ١٦٩٦، ورئيسًا لها عام ١٧٠٠. فأدى مهامه بأمانة وكفاءة تحتذى، وإن كان بلا إبداع خاص وتوفى عام ١٧٢٧ رجلاً ثريًا.

ولم ينشر نيوتن بحثه فى الرياضيات حتى عام ١٧٠٤، بعد أن قضى روبرت هوك نحبه وأتاح النشر المتأخر للكتاب أن يضمنه ملحقًا عن الأملات العلمية، أسماه (تساؤلات Queries)، كانت قد شغلته طوال حياته، ويبدو أنها احتوت على حقائق هامة، لم يكن قادراً على إقامة الدليل عليها، أو لم يجد الوقت لها.

وعبّر عن الأفكار التى آذنت بالديناميكا الحرارية ونظرية الكمومية Quantum وتفكر فى أن الذرات تتحدلتكون أجسامًا عن طريق القوى الكهربائية، وأن الجهاز العصبى والجهاز العضلى يعملان بواسطة الإشارات الكهربائية. وخمن أن معدل كثافة الأرض حوالى خمسة أضعاف ونصف معدل كثافة الماء، ويكاد يقترب هذا من الصواب .

الفصل الثالث :

مصادر جديدة للقوى

تلقى انقلاب انجلترا من بلد زراعى إلى بلد صناعى دفعة قوية من هنرى الثامن، وذلك خلال تصفيته للأديرة . فقد دخل فى حوزتها ما يقرب من ربع الأراضى المنزرعة. أقر هنرى أنها تدار بأسلوب خاسر، وأعطاها للأتباع ذوى الهمم والذين أمكن الإعتماد عليهم فى إستغلالها إستغلالاً يدر ربحًا أوفر. وأنجب هؤلاء السادة الجدد للأراضى كثيرين من رجال الدولة الذين عملوا فى خدمة إليزابيث الأولى وبثوا فى عهدها مثل تلك الطاقة الخلاقة. واعتمد الرجال ذو الطموح آنذاك اعتماداً أكبر على التجارة والنقد كوسيلة للقوة . وحتى العائلات التى امتلكت ضياعًا طوال المئات من السنين نظرت إليها. أولاً : على أعمال مربحة تمد المدن النامية وقطاع السكان الصناعى المتنامى بالغذاء والمواد الخام. وثانيًا : على أنها مصدر المأكل والملبس لأنفسهم ولذويهم. واستثمر التجار الناجحون ثرواتهم فى الأرض وحاكوا أسلوب الحياة الإقطاعى، لكنهم لم يفقدوا منزعهم التجارى الأصيل نحو التملك .

ومن ثم فإن الرجال الأبعد نظرًا من الأرستقراطية القديمة وأقطاب الريف الجدد الذين هم أصلاً تجار قد إنهمكوا فى التطوير التجارى والتقنى لضيعاتهم. وكانت نظم صرف المياه بهدف جعل المستنقع المهدر منتجًا، بعضًا من أسبق وأكبر المشاريع التى نشأت عن زراعة الأراضى على أسس أقرب إلى الأعمال التجارية وفى عام ١٩٣٠ شكل إيرل بيدفورد الرابع شركة لتصريف مياه خمس وتسعين ألف فدان[1] من البطحاء. واستخدموا المهندس الهولندى فرمويدن

(١) فى الأصل الانجليزى ليس (فدان) طبعاً ، بل آكر وهو وحدة تقسيم الأراضى الزراعية فى انجلترا ، لكننا فضلنا بـ (فدان) وهو وحدة تقسيم الأراضى الزراعية فى مصر ، رغم اختلاف مساحة الأكر عن مساحة الفدان ، حتى يكون أقرب إلى القارئ خصوصاً وأن المعنى لا يتغير بفارق المساحة هذا.

Vermuyden لتنفيذ نظام الصرف. فشق قنوات حول الأماكن المرتفعة من الأرض، حتى تنصرف مياه الأمطار منها مباشرة وتصل إلى الأنهار، وهذه الطريقة حالت بينها وبين الإنسياب إلى المستنقعات، والتى كانت فيما سبق بمثابة بركة آسنة واسعة ومستديمة، وكنتيجة لهذا جفت مساحة المستنقعات وأمكن زراعتها .

واستغرق تنفيذ خطط فرمويدن عشرين عاماً . ومنذ ذلك الوقت تزايدت مساحة الأفدنة الزراعية من أراضى المستنقعات فى البطحاء التى صرفت مياهها، حتى بلغت سبعمائة ألف فدان، وفرت المساحات الشاسعة من أخصب بقاع إنجلترا التى تغل عادةً ضعف المحصول المعهود .

ونظم صرف المياه هذه أثارت الاهتمام بمشاكل المساحة والحفر والهندسة الهيدروليكية وتطوير المضخات. والمضخات كان يمكن تسييرها بالطواحين الهوائية وليس عدم انتظامها فى أداء عملية رفع مياه التصريف بالعقبة الكأداء التى يستحيل تجاوزها.

إذ لم يحدث أبداً فى أى وقت مضى أن كان من الضرورى ضخ مياه التصريف بعيداً طالما يتم رفعها. فانكب ملاك الأراضى ذات مصادر التعدين على استثمارها بنفس الروح الأكثر نزوعاً لطبيعة العمل التجارى. والمحصلة أن سادة الأراضى ذوى العقول العملية التجارية فى أواسط القرن السابع عشر أصبحوا شديدى العناية بالماكينات، وخصوصاً ماكينات الضخ. فاحتاجوا إلى مصدر طاقة جديد لتسيير المضخات، مصدر أقوى ويمك الارتكان إليه أكثر من الطواحين الهوائية .

وكان ماركيز وركستر Marquis of Worcester مثالاً بارزاً لهؤلاء الملاك ذوى العقول المتوجهة للماكينات . نشر كتاباً بعنوان «قرن للاختراعات»

A Century of Inventions يحتوى على أوصاف مائة اختراع Aevice[1] ميكانيكى، وحصل عام ١٦٦٣ على ترخيص لرفع المياه بواسطة البخار .فقد فكر، مثل آخرين فى ضغط البخار كمصدر جديد للقوة، وكانت المشكلة هى اصطناع وسيلة تمكن من استغلاله . وصمم مضخة أمكن بواسطتها أن يندفع الماء من أعلى أنبوب عن طريق بخار يتصاعد من مرجل. وتؤدى هذه العملية على ثلاث حركات، محكومة بثلاثة صنابير أو سدادات، أحدها فى أنبوب البخار المتصاعد من المرجل، والثانى أعلى أنبوب انطلاق الماء أما الثالث فيحكم تدفق الماء إلى أسفل أنبوب الإنطلاق.

وعن طريق عمل الصنابير الملائم، يدفع البخار الماء إلى أعلى أنبوب الإنطلاق ولأقصى مستوى، وهكذا يتم رفع الماء. أتت أوصاف الماركيز أقرب إلى الإبهام، ربما لأنه لم ينجز كل العمل فى اختراعاته الميكانيكية، أو لعله كان يخفى التفاصيل الحاسمة كى يحبط مسعى المقلدين.

وفى عام ١٦٩٨ نجح سيفرى savery فى تقديم مضخات بخارية مؤسسة على هذه المبادىء، لرفع الماء من أجل سد الإحتياجات المنزلية فى البيوت. ولم تكن ملائمة للاستخدام الصناعى، إذ كانت عاجزة عن إحداث الأثر المطلوب وعرضه للأعطال . فالبخار على اتصال مباشر بالماء، ويتكثف بسرعة شديدة، ويتبع هذا نقصان فى قوة الضغط.

وأدت محاولات سد هذا النقصان عن طريق زيادة الضغط إلى انفجارات. فكان الاحتياج إلى طريقة لحفظ البخار بمنأى عن الاتصال المباشر بالماء.

وحوالى عام ١٦٩٠ أظهر المخترع الفرنسى دنيس بابين D.Papin، وهو

(١) لعل من الأصوب لغوياً ترجمتها (حيلة) ، خصوصاً وأن علم الميكانيكا عرفه العرب فى تراثهم الزاخر اسم (علم الحيل) . لكننا وجدنا (حيلة) لن تعطى القارئ المعاصر المعنى المقصود . خصوصاً وأن هذا الاصطلاح الآن يستعمل كثيراً فى اللغة الجارية بمعنى جهاز دقيق.

مخترع وعاء الطهى بالبخار، كيف يمكن رفع مكبس فى أسطوانة تحوى قليلا من الماء عن طريق جعل الحرارة خارج الأسطوانة . وتحول الماء إلى بخار، يدفع المكبس إلى أعلى .

أما أول محرك صناعى فعال يستخدم البخار، فقد اخترعه، حوالى عام ١٧٠٢، تاجر أدوات معدنية فى ديفونشير Devonshire يدعى نيوكومن Newcomen، تاجر فى المعاول والمجاريف وأدوات معدنية أخرى، وكان على دراية مباشرة بالاحتياجات الملحة لصناعة التعدين فى ميدلاندز وبالمثل تماماً فى ديفون وكورنوال . فنجح فى ادخال مكبس بابين فى آلية المضخة البخارية التى تصورها وركستر وسيفرى، فيجعلها فعالة وقوية بما يكفى لأن تكون ماكينة صناعية عملية، وتكونت أساساً من أسطوانة تشغيل تحتوى على مكبس. والمكبس يدفعه بخار يتصاعد من مرجل.

وعندما يعلو المكبس فى داخل الأسطوانة يُفصل البخار، وينثر داخله رذاذ الماء البارد. وهذا يجعل البخار يتكثف والضغط الجوى فوق المكبس يدفعه إلى أسفل، كما كان الحال فى التجربة التى أجراها جويرك على الكرات فى ماجديبورج.

وكان المكبس موصولاً برافعة ذراع، بحيث أنه حين يهبط إلى أسفل، كان الطرف الآخر من الذراع يلحق بقضيب يحرك مضخة فى قاع المنجم .

كانت آلية نيوكومن من حيث المبدأ تماثل تماماً المضخة اليدوية العادية لرفع الماء من بئر فى المرعى . فبحث عن دعم الحكومة لتطوير محركه . ويبدو أن إسحق نيوتن هو الذى تحقق من أمره، وعلى أية حال كان مقتنعاً بأن نيوكومن لديه فكرة خاطئة عن كيفية عمل محركه ومع هذا عمل محرك نيوكومن.

لقد أقحم طاقة البخار فى الصناعة وخصوصاً لضخ الماء بعيداً عن مناجم المعادن ومناجم الفحم، وعلى الرغم من كفاءته المتواضعة فقد بقى فى ميدانه خمسين عاماً. وهذا لأنه كان يمكن أن يعمل بنفايات الفحم، التى لا تكلف أية نفقات فعلية فى حفر المناجم .

أعطى محرك نيوكومن دفعة كبيرة لتطوير استخراج المعادن من المناجم فى كورنوول، واستخراج الفحم من المناجم فى ميدلاندز Midlands (الأراضى الوسطى) والشمال الشرقى واسكوتلندا وبذلت محاولات لاستخدامه فى تسيير المطاحن، بل وحتى السفن، ولكنه لم يكن ملائماً أو فعالاً بما يكفى لأداء هذه الأغراض .

وفى غضون هذا كان ملاك الأراضى الجدد يكونون ثروات طائلة. ولعل السير هوج سميثسون H.Smithson، نجل مالك الأراضى الرئيس فى يوركشاير، أكثرهم إثارة للعجب والإعجاب، كان يستشرف الأمور من منظور رجال الأعمال .

فتزوج عام ١٧٤٠ من إليزبيث بيرسى E.Percy وريثة أراضى عائلة بيرسى فى نورثامبرلاندNorthumbrand وحفر مقالع كثيرة للفحم فى أراضى العائلة، فارتفع عائدها من ٨٦٠٧ جنيهاتٍ فى عام ١٧٤٩ إلى ٥٠٠٠٠ جنيه فى عام ١٧٧٨ إذ كان يتم استيراد وقود الفحم من نيوكاسل Newcastle[(١)] من أجل احتياجات السكان فى لندن الأهلية والصناعية، وكانت تتزايد سراعاً .

---

(١) كانت نيوكاسل دائما هى موطن الفحم الوفير، حتى دخل صميم اللغة الانجليزية التعبير To carry coal to Newcastle : يجلب الفحم إلى نيوكاسل (للدلالة على من يجلب شيئا لمكان يستحيل زن يحتاجه لكثرة توافره ، كما نقول باللغة العربية : يجلب التمر إلى هجر، أو يجلب الماء الحى إلى حى الشقائين). ولكن استطاع سيمثسون لقربه أن يقوم هو بتوريد الفحم إلى لندن لسد احتياجاتها المتزايدة ، فتتزايد ثروته بمعدل قل أن يتكرر.

وأصبح سميثسون أول دوق لنورثامبرلاند، وكانت حاشيته أكثر عدداً وعدة من حاشية الملك جورج الثالث، مما يعطى إيضاحاً ساطعاً لمكانة ونفوذ أقطاب الصناعة الجدد .

وحتى محركات نيوكومن لم تعد تستطيع مجاراة المطالب النهمة لأقطاب الصناعة الجدد ففى مناجمهم كانت مراكب الفحم تجر من نفق المنجم إلى قيعان غوره، ويحمل الفحم إلى خارج مداخل المنجم بواسطة مرافع يدوية أو مرافع تعمل عن طريق الخيول، فلم تكن العملية تنجز بالكفاءة المنشودة .

وأصبح من الضرورى وجود محركات لمعدات مناجم الفحم الرافعة، من أجل نقل الحمولات فى عربات لأعلى المنجم. هذا فتح المال للطلب على محركات تستطيع أن تجعل العجلات تدور .

حدثت تطورات متشابهة فى مراكز أخرى ذات مزايا طبيعية، من قبيل مقاطعة كلايد فورث Clyde Forth فى مراكز سكوتلندا. فقد اشتملت هذه المقاطعة على ترسبات فحم وموانىء بحرية ملائمة، مثل جرينوك Greenock وجلاسكو Glascow فى كلايد، وليث Leith فى فورث.

وكانت لجلاسكو تجارة متنامية فى السكر والطباق مع جزر الهند الغربية وأمريكا، ولليث تجارة متنامية مع البلدان البلطيقية فى الأخشاب والذرة. وبلغت تجارة جلاسكو حجماً كبيراً حتى أن أحد تجارها استورد عام ١٧٤٠ واحداً إلى اثنى عشر من مجمل الطباق الذى استهلكته أوروبا .

وكان تجار جلاسكو هؤلاء ذوو الثراء الفاحش لهم نادٍ، دعوا إليه أستاذ الفلسفة الأخلاقية فى جامعة جلاسكو. إنه آدم سميث A.Smith وشرحوا له أصول أعمالهم التجارية. وقد استخلص سميث خطة هذه الأصول ودونها فى كتابه (ثروة الأممThe Wealth of Nations)، فأصبح الكتاب المدرسى لعالم الأعمال التجارية الجديد، طوال المائة عام التالية .

وأصبحت الموانئ من شاكلة جلاسكو المراكز السكانية التى ازدهرت فيها التجارة مما أدى إلى فتح الأسواق للبضائع الإستهلاكية والسلع الترفيهية، من قبيل المنسوجات والويسكى. وطرحت صناعة هذه المنتجات اشكاليات بشأن الصباغة والتقطير وشُيدت المصانع لتحويل الواردات، كالسكر الخام والجلود إلى منتجات للمأكل والملبس، وكان لجلاسكو مدبغة فى أوربا.

وأنشئت المحال الهندسية لصنع المراجل من أجل تكرير السكر. وتطلبت هذه التطورات الصناعية معرفة بالكيمياء والفيزياء.

وهب الصناع فى جلاسكو يطالبون الجامعة بأن تبدأ فى تدريس مقررات فى الكيمياء علّها تؤهل بنيهم لإدارة مصانعهم. وبدأ أستاذ الطب البارز وليم كولن W.Cullen مقررات فى الكيمياء، وأقام معملاً كيميائياً للعمل التجريبى، ليلبى هذا المطلب على وجه التعيين. ولازالت جامعة جلاسكو تملك تقارير عامى ١٧٤٧ و ١٧٤٨، وفيها عوقب كولن لشرائه كتبًا ومواداً كيميائية لهذه الأغراض.

وكما لاحظ دوماس M.Doumas[1]، كان الكيميائيون وعملهم فى القرن السابع عشر وبواكير القرن الثامن عشر بصفة عامة محلاً للإزدراء .

«الكيميائيون لابد وأن تُحمى بهم الأفران، إنهم يعملون بمواد خبيثة الرائحة، وملابسهم عمومًا مغطاة بحرائق وأدران، وكانت تجارتهم مصدراً لعديد من الشكاوى العامة. كل هذا أخذ فى التغير شيئًا فشيئًا، عندما بدأت دراسة الكيمياء تدر عائدًا ماديًا متزايدًا، وعندما أصبحت المعامل مجهزة تجهيزًا حسنًا» .

إن كولن واحد من أعظم أطباء زمانه، وكان معنيًا بالكيمياء أساسًا من زاوية طبية بيد أنه لبى المطلب الصناعى الجديد بالبحث فى كيمياء تبييض وتنقية

---

(١) من أهم علماء الكيمياء ومؤرخيها فى تلك المرحلة .

ملح الطعام. وكانت عملية التقطير أساسية فى الصناعات الناشئة، وخصوصاً فى تصنيع الويسكى، ويعتمد التقطير على التبخير، فاجتذبت هذه الظاهرة اهتمام كولن. وبينما كان يطالع بياناً عن التجارب الكيميائية والفيزيائية الأخيرة، ساقه هذا إلى أن يراوده التفكير فى أن الماء والسوائل الأخرى حين تتبخر تحدث انخفاضاً فى درجة الحرارة . فأمر واحداً من تلاميذه أن يغمس على وجه السرعة مقياساً للحرارة داخل وخارج سائل.

ويزيد من معدل البخر بأن يحركه فى الهواء بسرعة شديدة. وبهذه الطرق، نجح فى انتاج قطرة الكحول فى درجة الحرارة ٤٤ْ، وبعد هذا أجرى تجارب على زيادة معدلات البخر، ومن ثم درجة البرودة، وذلك بوضع الماء أسفل مضخة هوائية وتقليل الضغط الواقع فوقه، نجح فى انتاج الثلج بهذه الطريقة، وأصبح مخترعاً لأول ماكينة تبرد الطعام لحفظه . وهذا أول شكل من أشكال المحرك الحرارى ؛ على هذا النحو اندفع البحث فى اتجاه المحركات الحرارية منذ التطور الصناعى والعلمى فى جلاسكو .

كان جوزيف بلاك L.Black من بين تلاميذ كولن فى جلاسكو، نجل جون بلاك وهومستورد للخمور الاسكتلندية – الأيرلندية من بلفاست Belfast، واستقر فى بوردو Bordeaux. أرسل جون بلاك ولده جوزيف إلى أدنبره ليدرس الطب على يد كولن، الذى انتقل إلى جامعة أدنبره ، ولكن جوزيف وجد نفسه مهتماً أكثر بمحاضرات كولن الكيميائية. أدرك كولن مواهبه الفذة ورفض اعتباره تلميذاً وعامله كمساعد شخصى .

كانت متطلبات الصناعات الكيميائية الجديدة فى جلاسكو هى التى توعز مباشرة بمقرر كولن الكيميائى. وحتى ذلك الحين، كانت الاحتياجات الطبية قد تركت تأثيراً كبيراً على الكيمياء، وكانت هذه الاحتياجات كيفية أكثر منها كمية، إذ كان الأطباء معنيين أساساً بالتأثيرات الشافية أكثر من عنايتهم بالكميات

الدقيقة للعقاقير المستعملة. واختلف الموقف فى الصناعة الكيميائية. إذ كانت مقادير المواد الخام المستعملة ضخمة، وبالمثل كانت مقادير الوقود المستهلك فى عمليات التصنيع.

وعلى هذا كانت نفقات المواد الخام والوقود كبيرة جداً، والأرباح تتوقف على الاستغلال الاقتصادى لها. هكذا أملى تطور الكيمياء الصناعية القياس الدقيق للمواد التى تتدخل فى العمليات الكيميائية، ولكمية الوقود المستهلك ؛ كى يمدها بالحرارة الضرورية لحدوثها.

استوعب جوزيف بلاك من حيث هو طالب هاتيك الاتجاهات، وامتلك القدرة على تطبيقها فى الكيمياء والفيزياء على السواء. وقبل أن يبلغ عامه الثلاثين، ابتكر التحليل الكيميائى الكمى، ووضع أسس النظرية الكمية للحرارة ، عن طريق اكتشافه الحرارة النوعية للمواد، أى كمية الحرارة الازمة لرفع وحدة واحدة من الكتلة درجة حرارة واحدة واكتشافه الحرارة الكمونية، أى الحرارة المطلوبة لإحداث تغيير فى الحالة، كالتغيير من سائل إلى بخار، وبغير رفع درجة الحرارة. وعيّن هذا الرجل الوهوب أستاذا للطب ومحاضرا للكيمياء فى جامعة جلاسكو عام ١٧٥٦، عندما كان فى عامه الثامن والعشرين .

وكان الكسندر ماكفرلين A.Macfarlane أحد تجار سكوتلندا الأثرياء، وأتفق على مرصد فلكى جيد فى جاميكا، أوصى بتوريث معداته لجامعة جلاسكو وقد وصلت إلى الجامعة فى صناديق التعبئة، وتم إيداعها بالمخازن . كانت الحاجة إلى صانع آلات ليفضها من مغاليفها وينظمها كى تعمل.

وكان لأستاذ الكلاسيكيات[1] قريب شاب يدعى جيمس واط J.Watt وهو صانع آلات يلاقى شظفًا فى العيش . اقتنعت الجامعة بأن تعهد للشاب بالعمل كصانع آلات للجامعة، وأوكلت إليه مهمة تنظيم الأجهزة الفلكية الموصى بتوريثها.

(١) الكلاسيكيات هى علوم ولغات الحضارتين الإغريقية والرومانية، الأصول القديمة للحضارة الأوربية.

الفصل الرابع :

اختراع المحرك البخارى

عُين جميس واط صانع آلات لجامعة جلاسكو عام ١٧٥٧، وكان آنذاك فى الحادية والعشرين من عمره. ليست أصوله غائرة. إنه سليل عائلة أبيردونية، من رياضيين تطبيقيين ومعلمى ملاحة، منحدر من صلب تيار الخلق العلمى فى عصر الكشوف الجغرافية والتجارة، والذى أفضى إلى نصرة العلم النيوتونى.

ونشأ فى أسرة تعلق فى غرفة معيشتها صورة نيوتن على حائط وصورة نابير على الحائط الآخر . كان جده قد استقر فى جرينوك ليمارس مهنته فى الميناء المتنامى بفعل التجارة مع الهند الغربية . وتبعه ولده جيمس، أبو المهندس جيمس واط، والذى مارس أعمالاً حرة من قبيل تزويد السفن بالشمع، وبالآلات الملاحية، وكان يمتلك سفينة صغيرة .

انتوى والد جيمس واط أن يورثه أعمالاً حرة جديرة بالاعتبار . ولهذا لم يُدرب على امتهان حرفه ولا أُرسل إلى جامعة. وعلى أية حال تبددت ثروة العائلة بفقدان السفينة فى عرض البحر. وبسبب سن جيمس واط لم يكن من الممكن أن تقبله نقابة الصناع فى جلاسكو التى تضم صناع الآلات، ولذا أرسل إلى لندن ليحوز خلسة على تدريب، وبغير عضوية فى نقابة للصناع .

وعندما عاد إلى جلاسكو عام ١٧٥٦، لم يؤذن له بافتتاح متجر آلات فى المدينة . ولكن لم ينطبق هذا التنظيم على عمل الجامعة ، إذ تمتعت بالإعفاء من تشريع النقابات العائد إلى نظام وضعه البابا عام ١٤٥١.

وعندما افتتح واط متجره للآلات فى الجامعة عام ١٧٢٧ كان فى الحادية والعشرين من عمره، وجوزيف بلاك فى التاسعة والعشرين، وآدم سميث فى الخامسة والثلاثين، وثمة كوكبة من أساتذة آخرين متميزين. أما قريبه مويرهيد

فأحد محررى طبعة فوليس Foulis العظيمة لجيبون . فقد كانت جلاسكو آنذاك أحد مراكز الإبداع العقلى فى العالم .

وبينما كان كولن وبلاك يبدآن تعليمهما وإعدادهما العلمى لمدراء المستقبل للصناعات الفنية الجديدة، كان زميلهما جون أندرسون Aderson، أستاذ الفلسفة الطبيعية[1] يعتزم القيام بالتعليم والإعداد العلمى للحرفيين الذين تتطلبهم الصناعة الجديدة. ففتح أبواب فصوله الدراسية للصناع، وكان يأذن لهم بالحضور بملابسهم العمالية . وألقى محاضرات فى المبادىء العلمية والهندسية، موضحًا بالتجارب والنماذج العاملة .

وبعد هذا تخلى أندرسون عن آلاته وكتبه وأطيانه كى يؤسس معهدًا للإعداد التقنى للعمال . إنه المعهد الأندرسونى Andersonian In stituton، الذى أصبح فى وقت لاحق المدرسة الملكية التقنية العليا Royal Telnical College والآن جامعة ستراتكلايد Strathclyde وبفضل قيمة جهود أندرسون، يمكن اعتباره مؤسس التعليم الفنى فى بريطانيا .

ومن بين النماذج التى استخدمها فى محاضراته كان ثمة نموذج لمحرك نيوكومن وعلى أية حال لم يكن يدور بصورة ملائمة. فاعطاه إلى جيمس واط ليرى ما إذا كان يستطيع أن يفعل أى شىء حياله. وأجرى محاولات فى بدائل شتى حتى جعل المحرك فى النهاية يدور بصورة متصلة.

وفيما بعد قيل عن واط إنه يختلف عن «مجرد ميكانيكى» فى أنه لم يتركه على علاته، بل انكب على محاولات ليكتشف لماذا لا يعمل . وكان فى السابعة

---

(١) ظل اسم الفلسفة الطبيعية يطلق على ما يعرف اليوم بالعلوم الطبيعية وبخاصة علم الفيزياء حتى النصف الثانى من القرن الثامن عشر وهو ما نراه من عنوان مؤلف نيوتن المشهور «المبادئ الرياضية للفسلفة الطبيعية».

والعشرين من عمره حينما بدأ فى هذا البحث. ومرت عليه ست سنوات كصانع آلات للجامعة.

وأصبحت ورشته ملتقى العلماء المبدعين، والذين استمتعوا بمناقشة مسائل العلم وآلاته مع هذا الحرفى العبقرى ذى العلم المتين . واكتسب الأستاذ الموهوب بلاك عادة أن يقوم بزيارات غير متوقعة لواط ويمسك بآلاته، مطلقًا لنفسه الصفير بينما يقوم بتعديلات طفيفة .

وفى هذه الأجواء، اكتسبت عبقرية واط العوائد العلمية. واكتشف أنْ النموذج لم يكن يعمل بسبب تأثيرات المقاييس . فقد كان نموذجًا مطابقًا لمحرك نيوكومن ذى الحجم الكامل . فى مثل ذلك النموذج كانت نسبة مساحة جدران الأسطوانة إلى الحجم الكلى أكبر كثيرًا من نسبتها فى المحرك بالحجم الكامل.

وتبعًا لهذا، كان معدل الحرارة المفقودة من أسطوانة النموذج أكبر كثيرًا من معدلها فى المحرك بالمقاييس الكاملة. ولم يستطع مرجل الإنموذج أن يمده بالبخاربالسرعة الكافية لتعويض هذا التأثير، من ثم توقف المحرك بعد بضع دورات .

وحينئذ شرع واط فى دراسة منهجية لحركة الحرارة فى كل عملية من عمليات المحرك. ووجد أن أسطوانة النموذج مصنوعة من النحاس الأصفر الذى يوصل الحرارة خارجها بصورة أسرع كثيرًا من حديد الزهر المستعمل فى صنع المحرك بالحجم الكامل .

ثم حاول أن يتتبع ما يحدث داخل أسطوانة محرك نيوكومن، مستفيدًا من اكتشاف كولن لمفعول تبخير الماء تحت ضغط منخفض. فحاول أن يزيد الاستفادة من الفراغ الناجم عن تكثيف الماء بواسطة رذاذ الماء البارد . فجعل خزان الماء البارد أوسع، ولكن وجد أن هذا بينما يزيد الاستفادة من الفراغ،

فإنه يزيد الحاجة إلى بخار أكثر لرفع درجة حرارة الأسطوانة فى دورة التشغيل التالية.

والقياسات التى أجراها بيّنت الفائدة العظمى التى يمكن أن تجتنى إذا أمكن تكثيف البخار بطريقة ما أخرى غير تبريد الأسطوانة. ولكن على الرغم من بذله جهوداً مكثفة. فإنه لم يستطع فى بداية الأمر أن يتبين أية طريقة أخرى لتحقيق هذا .

فبحث فى تأثير درجة الحرارة والضغط على نقطة غليان الماء ورسم نتائجه فى منحنى بيانى، لكى يكتشف أفضل ظروف الحرارة والضغط لإدارة المحرك . ووجد أن الحجم المعطى من الماء حينما يتحول إلى بخار، فإنه يشغل حجماً أكبر بألف وثمانمائة مرة فمكّنه هذا من حساب حجم البخارالمستهلك فى كل دورة من دورات تشغيل المحرك.

وكم كانت دهشته حين اكتشفت أنه يعادل أضعاف حجم الأسطوانة، واكتشف أيضاً أن كمية بخار صغيرة بصورة ملحوظة يمكنها رفع درجة حرارة الماء إلى نقطة الغليان؛ وهى فى الواقع تستطيع رفع درجة حرارة كمية من الماء البارد تعادل ستة أضعاف وزنها، إلى نقطة الغليان.

وأخبر بلاك بهذا الاكتشاف، فشرح له بلاك أن هذا مثال لانتقال الحرارة الكامنة حين تتغير الحالة من بخار عادى إلى ماء سائل. وكنتيجة لهذه الأبحاث، اكتسب واط رؤية جديدة تماماً ذات خاصة تكميمية لصميم عمل محرك نيوكومن .

لقد منحته سيطرة دقيقة وعينية على كفاءة المحرك المنخفضة وعلى المغنم الاقتصادى الكبير الذى يمكن أن يكتسب بمواصلة التكثيف بدون تغيير حرارة الأسطوانة وتبريدها .

لقد استغرقته هذه المشكلة طوال عامين قبل أن يومض الحل فى ذهنه بينما كان يتنزه سيراً على الأقدام عبر جرين جلاسكو Green Glascow صباح يوم أحد فقد تراءى له بغتة إمكانية حيازة غرفة فراغ منفصلة ويمكن أن ينطلق داخلها البخار المستنفد من أسطوانة المحرك ويتكثف.

وفى غضون ساعات قلائل كان قد بنى فى خياله طرق إنجاز هذا. فقد أدرك أنه من غير الممكن أن نمنع البخار من التسرب حول المكبس بأن نغطيه بالماء، كما فى حالة محرك نيوكومن، وذلك لأن الأسطوانة ستبقى دائماً ساخنة، وساقة هذا إلى إدخال البخار إلى الأسطوانة أعلى المكبس واستغلال ضغطه فى دفع المكبس إلى أسفل، بدلاً من استغلال الضغط الجوى .

هكذا اخترع واط محركًا بخاريًا سديدًا، لأن محرك نيوكومن كان يستغل البخار بمحض طريقة غير مباشرة . وقياسات واط السابقة على البخار جعلته على وعى بأن كفاءة محركه سوف تعادل أربعة أضعاف كفاءة محرك نيوكومن وفى غضون أسبوعين كان قد صنع نموذجًا عاملاً لمحركه، موجوداً الآن فى متحف العلوم بلندن.

إن اختراع جيمس واط للمحرك البخارى السديد لهو أهم اختراع فى العصور الحديثة . فانجازه، شأن إنجاز كوبرنيقوس ونيوتن ، وربما أكثر، وضع الحدود الفاصلة بين التاريخ القديم والتاريخ الحديث، وذلك لأنه فتح الطريق لإنتاج قوة بلا حدود . فحدود القوة اليدوية والحيوانية، وقوى الرياح والماء، بل وحتى حدود قوة محرك نيوكومن الذى يسير بالضغط الجوى وقفت حائلا دون التوسع الثورى فى ما ينتجه الإنسان وفى مسعاه .

ولم تكن عبقرية واط فى تطوير محركه، وفى الهندسة اللازمة لهذا الغرض، بأقل لفتًا للانتباه من الاختراع ذاته. إذ كانت الهندسة قبل عصره عمل الحرفى. والحرفيون هم الذين بنوا محركات نيوكومن، وعن طريق تركيب

أجزائها من المواد الخام وهم فى مواقعهم، بنفس الطريقة التى لاتزال تُبنى بها المنازل الريفية فى يومنا هذا.

لقد عمل هؤلاء الرجال بقياسات تقريبية، إلى حد يقترب أدناه من ثمن بوصة. احدى مناقب محرك نيوكومن، أنه يمكن أن يعمل على الرغم من كونه مصنوعًا بتلك الطريقة التقريبية الغشوم.

وعندما حاول واط أن يبنى محركًا ذا حجم صناعى، فيه يمارس ضغط البخار تأثيره مباشرةً على المكبس، وجد المهندسين الميكانيكيين المعاصريين له عاجزين عن صنع آلة بالدقة التى تكفى لاستغلال اختراعه للمكثف المنفصل. وكان عليه أن يضطلع بمهمة طويلة وشاقه للتطوير الهندسى المكلف، وأن يحصل على التمويل النقدى الذى يمكنه من المثابرة على هذه المشكلة .

وأول من دفع دعمًا لأعماله هو الدكتور جون روبيك J.Roebuck مخترع عملية غرفة الرصاص من أجل تصنيع حمض الكبريتيك. وهذه العملية خفضت ثمن أهم الكيمياويات الصناعية لدرجة مدهشة.

وقد تبدت لروبيك إمكانيات صناعية هائلة بمنطقة نهر كارون Carron فى فيرث فورث Firth of Forth. فأسس ثمت مجمعًا صناعيًا، فيه يُستخرج الفحم من مناجمه ويصهر خام الحديد، ويتم تصنيع مجال من المنتجات يمتد من المدفع إلى المراجل.

وكان لابد من إنجاز هذا تبعًا لأكثر المبادىء العلمية والتقنية المعاصرة تقدمًا. وقع روبيك فى صعوبات أورثها فيضان خطير فى مناجمه، فبات معنيًا عناية ملحة بمشكلة ضخ المياه من المناجم.

احتاج إلى شىء ما أقوى من محركات نيوكومن. وبوصفه عالمًا، أمسك بجمع اليدين على أهمية ومغزى اختراع واط للمكثف المنفصل، ومن ثم انطلق

بحماس فى تشجيعه وتمويله. ولكن فى وقت لاحق توًا لهذا وقع روبيك فى مصاعب مالية. وكان على واط أن يجد ممولاً آخر .

وفى بيرمنجهام Birnimgham، كما هو الحال فى مراكز صناعية أخرى، بحث المصنعون الأكثر تقدمية عن مصادر متزايدة للقوة . وكان رائدهم المبرز ماثيو بولطن M.Boulton الذى يقوم بتصنيع سلع معدنية تبعًا لخطوط منظمة تنظيمًا عقلانيا، يبحث عن محرك يمكنه أن يجعل عمله يدور بغير انقطاع، وبالتالى يستطيع اغتنام مزايا الإنتاج المطرد .استغل القوة المائية والتى هى عرضة للتوقف فى فصول الجفاف فينقطع الإنتاج. فكانت فكرته أن يحصل على محرك يمكنه ضخ نفس المياه إلى ساقيته مرارًا حين يتوقف جريان الماء فى الترع .

إن نمط أعمال بولطن وشخصيته التقنية التقدمية اجتذبت رجالاً ذوى مواهب. وأصبح بنيامين فرانكلين واحدًا من أصدقائه وناقش معه االمشاكل التقنية. وساعده إرازموس دارون، الطبيب الرائد فى ميدلاندز Midlands بنفس الطريق.

وأوصاه فرانكلين بأن يرعى الدكتور وليم صمول W.Small وهو طبيب وعالم فيزياء اسكوتلندى، كان أستاذًا فى فرجينيا ، حيث قام بالتدريس لتوماس جيفرسون(١)، وقال جيفرسون فيما بعد : «إنه حدد مصير حياتى».

---

(١) توماس جيفرسون Thomas Jefferson من أهم أقطاب «الحضارة الأمريكية» . إن جاز هذا التعبير ، فى الواقع وفى الفكر ، فهو الذى صاغ عبارات اعلان الاستقلال ، وكان حاكماً لولاية فرجينيا ، وتقدم عام ١٨٠٠ لرئاسة الولايات المتحدة الأمريكية .

وكان قد تلقى أصوليات الليبرالية والحرية من جون لوك. فيلسوف الحرية الانجليزية ، فأعملها ليكون من طليعة الرواد الذين حاولوا تشكيل معالم وقسمات للمجتمع الأمريكى المهجن والمختلط الأصول ، عساه أن يصبح مجتمعاً ذا شخصية . وطبقا لما تلقاه من جون لوك، بمعية مبادئ الثورة الأمريكية المأخوذة

اضطر صمول أن يغادر فرجينيا بسبب اعتلال صحته ومن ثم أسعده أن يستقر فى ببرمنجهام تحت رعاية بولطن. عرف صمول مواطنه الاسكتلندى جيمس واط . ومن أجل صمول جاء واط ليزور بيرمينجهام. فى الزيارة الأولى كان بولطن بالخارج وبصفة خاصة قام إرزموس داروين باستقبال واط وللوهلة الأولى أدرك عبقريته وشخّص مزاجه.

من مبادئ الثورة الفرنسية، دارت كل جهود جيفرسون حول تأكيد الحرية فى ثلاثة ميادين : السياسة والدين والتعليم – فى دفاعه عن الحرية السياسة ، أكد حق الثورة على الحكومة القائمة إن هى قصرت فى تحقيق السعادة التى من أجلها تعاقد الأفراد على قيام تلك الحكومة ، ويعرض لنا جيفرسون صورة الشخصية الأمريكية التى تبحث عن المنفعة دائما حين نلقاه يتحفظ وفيما هو موثق ومكتوب بشأن حق الثورة على الحكومة فلا يجيزه إلا إذا أفحشت فى الفعل ، بينما ينطلق بهذا فى تطرف وحرارة حين يخطب أو يحاول استمالة الجماهير والمستمعين ، حين يقول : «اللهم لا تقدر لنا أن نظل عشرين عاماً بغير ثورة – لأن شجرة الحرية لابد لها من الازدهار حينما بعد حين مرتوية بدماء الشهداء والطغاة».

والاقتصاد لا ينفصل عن السياسة ، فلا ينفصل عن هذا دفاع جيفرسون عن حرية الملكية ، والتى جعلها بدورها محدودة بالحدود التى تمكن الآخرين من التمتع بها – أما دفاعه عن الحرية الدينية فيقول على الحد من سلطة الهيئات الدينية ، فليس من حقها أن ترغم أحداً على الإيمان ، أو أن تضطهد إنساناً بسبب عقيدته ، وقياساً على الدفاع عن كل صور الحرية التى لا تضر الآخرين ، يكون لكل إنسان الحق فى اعتناق أو إنكار أية عقيدة . فيقول : «لن أنزل بجارى أذى» لو قلت إن فى الكون عشرين إلهاً ، أو قلت إنه ليس هناك إله، لأن هذا القول لا يسلبه مالاً ولا يكسر له ساقاً».

– وعقل الفرد مرجعه الوحيد فى السياسة والدين ، فوجب تعميم التعليم بين الناس جميعاً . وصحيح أن الناس ليسوا متساوين فى قدراتهم العقلية ، إلا أنه يجب قبلا تهيئة فرص متساوية للتعليم أمام الجميع . وعندما توفى جيفرسون كتبوا على قبره – كما أوصى أهم ثلاثة أعمال أنجزها : صياغة (إعلان الاستقلال) ، مؤكداً إيمانه بالحرية السياسية – ووضع (قانون الحرية الدينية) لولايا فرجينيا ، مؤكداً إيمانه بالحرية الدينية – وأنشأ لها (جامعة فرجينيا) ، مؤكداً إيمانه بحرية التعليم.

(د. زكى نجيب محمود، حياة الفكر فى العالم الجديد ، دار الشروق القاهرة ، وبيروت ، ط٢ سنة ١٩٨٢. ص٢٥ : ٣١) .

وفى الزيارة الثانية قابل واط بولطن، وسرعان ما أدرك هذان الرجلان المبرزان أنهما شخصيتان متكاملتان؛ فلدى واط العبقرية ولدى بولطن حس الأعمال الحرة . تصور بولطن خطة ضمان الترخيص لمصدر القوة الجديدة فى سائر البلدان ثم سحب مبالغ الجُعالة(١) عليه من العالم أجمع. وأسس بولطن شركة منفصلة، شركة بولطن وواط، لتصنيع المحرك البخارى.

فأصبحت أشهر شركة هندسية فى زمانها . فيها نجد الرسم الهندسى الحديث لآليات الإنتاج، وتصميمات تخطيطية لنماذج الماكينات فى الورش؛ ودراسة أوضاع العمل والتأمين الصناعى.

كل هذا يتم تجويده بل وإيجاده إيجاداً لدرجة حقيقة بالاعتبار، وتطلبت أعمال بولطن وواط فريق عمل قديراً ضم هذا الفريق وليم مردوك W.Murdock، الذى أضاء مهام العمل بغاز الفحم، وثمة رجل آخر تمتع بنفس القدر من الموهبة، وهو المهندس جيمس سذرن J.Southern اخترع بمشاركة واط المؤشر البيانى. وهذا الاختراع الحاسم يضع رسما بيانياً لتغيرات الضغط ودرجة الحرارة التى تحدث داخل أسطوانة المحرك البخارى أثناء دورة تشغيل المكبس وعن طريقه صُنع المحرك بحيث يسجل أوتوماتيكياً التغيرات الفيزيقية فى البخار التى تحدث داخله. وقد بيّن الفيزيائى الفرنسى الشاب سادى كارنو Sodi Cornot أن دورة العمليات فى المحرك البخارى تتيح إمكانية الحساب الدقيق لكفاءة محرك كامل، يعمل داخل مدى معطى من درجة الحرارة .

وقام واط بتقسيم مقياس مطلق للقوة التى يعطيها محرك. وكان هذا ضرورياً لأسباب تجارية، لكى تقاس القيمة التجارية للمحرك وبالتالى الثمن الذى

(١) الجعالة هى حصة من المال لصاحب العمل مقابل كل نسخة مبيعة.

يُفرض له . ولهذا الغرض قام بتعيين قوة الحصان، بوصفها القوة المطلوبة لرفع ٣٣٠٠٠ رطلاً، لمسافة قدم واحد خلال دقيقة واحدة.

واخترع الأمتار المثبتة التى يمكن أن تتصل بمحركات فتسجل أوتوماتيكيًا كمية الجهد التى تبذلها المحركات وقياس واط الدقيق لكمية الجهد التى تبذلها محركات أدى إلى المفهوم العلمى المتعين للطاقة، وإلى قياس جول Joule للمكافىء الميكانيكى للحرارة، وبالتالى إلى تأسيس مبدأ بقاء الطاقة[1] وأدى ارتباط مبدأ بقاء الطاقة بدورة كارنو إلى تأسيس علم الديناميكا الحرارية .

---

(١) قانون بقاء الطاقة أحد قوانين البقاء الأساسية فى الفيزياء الكلاسكية . وقانون بقاء (س) يعنى أنه مهما كانت (س) فإن المقدار الكلى لـ (س) فى الكون يبقى على الدوام كما هو ، وهذا القانون فرضى فهو لا يقول أكثر من أننا لم ننجح حتى الآن، بالرغم من كل ما بذلناه فى تغيير المقدار الكلى لـ (س)، ومع هذا كان أساساً للعلم الكلاسكى، فاقر بثلاثة قوانين أساسية للبقاء ، هى : بقاء المادة – بقاء الكتلة – بقاء الطاقة . واستنبطوا منها قوانين بقاء أخرى فرعية ، كبقاء كمية الحركة . ولعل بقاء الكتلة أهمها ، لأن الكتلة يقاس بها القصور الذاتى ومقدار الجذب وأكده نهائياً لا فوازييه فى أواخر القرن الثامن عشر ، إذ اعتقد أنه اكتشف أن الوزن الكلى للمادة يبقى بلا تغير فى جميع التحولات الكيميائية التى أجراها . ومع مرور الزمن تم قبول مبدأ بقاء المادة كجزء لا يتجزأ من العلم . أما قانون بقاء الطاقة فهو أحدثها ، وإن كان نيوتن قد بشر به وقال إنه يحدث بمنتهى الدقة فى الظروف المثالية . غير أن جول هو الذى أكده حين أثبت أن الطاقة تتحول ولا تفنى ولا تنعدم. وانتهت تجارب جول التى أجراها بين عامى ١٨٤٠ – ١٨٥٠ إلى أن الحرارة ليست إلا شكلاً من أشكال الطاقة . وأن الكمية الكلية للطاقة داخل نظام معين ثابتة . وتلخص هذه التجارب قانون بقاء الطاقة المذكور الذى يعد المبدأ الأول لعلم الديناميكا الحرارية. أما المبدأ الثانى فيها فينص على عدم قابلية الظواهر الحرارية للارتداد ذلك أن الحرارة لاتنتقل إلا فى اتجاه واحد من الجسم الأسخن إلى البارد ، وكان بولتزمان هو الذى اكتشف امكانية تفسير عدم القابلية للارتداد بطريقة احصائية، فكمية الحرارة فى جسم ما تتحدد حسب طبيعة جزايئاته ، وكلما ازداد متوسط سرعة الجزئ ، ارتفعت الحرارة . وهذه العبارة لا تشير إلا متوسط سرعة الجزئ ، لأن الجزيئات المنفردة قد يكون لها سرعات متباينة تماماً. وبالتالى يغدو التعامل الفردى مع الجزيئات عبثاً غير مجد . ولما كانت الفيزياء النيوتونية الكلاسكية

على هذا النحو ألهم محرك واط البخارى بالمفهوم الحديث للطاقة وبالعلم الذى يتناولها. وحتى هذا ليس البتة هو كل ما أنساب من بين جنبات إنجاز واط فقد طور مبدأ الأداة الحاكمة[1] لينظم سرعة محركاته.

وانطوى هذا على أول تطبيق هام «للتغذية الاسترجاعية» "Feed Back"، والتى عن طريقها نجعل الآلات تتحكم فى ذاتها.

وقد أحرز جيمس كلارك ماكسويل J.C. Maxwell ، بتحليله الرياضى لمسار عمل الأداة الحاكمة لوط، أول تقدم ذى خطورة نظرية «التغذية الاسترجاعية»، والتى يعتمد عليها علم السيبرناتيكا، أو علم الماكينات والآلات ذاتية الحركة التى تحكم بنفسها[2] .

تقوم ابستمولوجيتها المنهجية على أساس التعيين الفردى الميكانيكى اليقينى الدقيق ، لا الإحصائى ، كانت الديناميكا الحرارية من أولى جبهات الخروج على العلم الكلاسيكى ، إلى العلم المعاصر علم النسبية والكوانتم لمزيد من التفاصيل انظر د. يمنى طريف الخولى «العلم والاغتراب والحرية : مقال فى فلسفة العلم من الحتمية إلى اللاحتمية ، ص ٢٠٥ وما بعدها «م.س».

(١) الأداة الحاكمة أو الحاكم ، أداة تلحق بالماكينة لضبط الضغط والحرارة أوتوماتيكيا.

(٢) أى أن هذه هى البداية لثورة الحاسوب (الكمبيوتر) العظمى .

الفصل الخامس :

التاريخ يسارع الخطى : التطور

ليس تقدم المحرك البخارى محض انتصار باهر لاستخدام العلم من أجل رقى الصناعة ، بل وأيضا تقويضا للنظرة الثبوتية القديمة للتاريخ . فالتقدم غير المحدود للقوة إمكانية مستحدثة تماما . لقد طرح علة للتغير يمكن دائما أن يزداد حجمها .

وأمكن للتاريخ الشروع فى اتخاذ وجه ديناميكى سريع الحركة . فالثورة الصناعية والمحرك البخارى بينا إمكانية حدوث تغيرات جذرية فى النظام المألوف للأوضاع . وهيأ هذا العلماء لأن يدركوا أمثال تلك التغيرات فى بنية الأرض وفى النبات والحياة الحيوانية، وفى مجمل الطبيعة.

لقد أصبح من الممكن اكتشاف نظرية التطور. حتى عصر واط تزايد الانتاج البشرى وتزايد السكان بمعدل بطىء حتى بدا الثبات جوهريا فى الحياة وفى العالم . ونظر اسحق نيوتن، أعظم عالم فى الجيل السابق، إلى الكون وكأنه يشبه ساعة ميكانيكية خلقها الخالق القادر منذ حوالى أربعة آلاف عام مضت ثم سارت بعد ذلك وفقا لنظامها الخاص، وأنفق نيوتن الكثير من وقته ومن عبقريت فى محاولة صب أحداث التاريخ فى قلب هذه الأربعة آلاف عام الوجيزة والتى افترض أن الكون وجد منذها(١) .

---

(١) التوراة وأيضا الأناجيل تنص بوضوح قاطع على أن الله خلق العالم منذ حوالى أربعة آلاف عام ، حتى تكاد هذه المسألة أن تدخل فى صلب العقائد اليهودية والمسيحية ، فكانت من أسباب الهجوم الدينى العنيف على نظرية التطور التى تنص على تخلق أشكال الحياة الموجودة على سطح الأرض فى اضعاف هذه المدة على أية حال يقدر عمر الأرض الآن، بل وحتى عمر الإنسان عليها بعشرات الملايين من السنين ، وحداث دراسة قدرت عمر الإنسان بمائة وستين مليون عام.

ومن مراكز التقدم المستحدث فى الصناعة والقوة أتت الدفعات التى أدت إلى انطفاء هذه النظرية الثبوتية. وقد بدأ الجيولوجى هطن J.Hutton ، وهو صديق لواط، الثورة الجيولوجية عن طريق دليل محكم على الإعتقاد بأن القوى الجيولوجية، المتماثلة من حيث الخصائص مع قوى الوجود، إنما تمارس فعلها عبر مراحل زمانية طويلة جدا.

وفسر التغيرات فى سطح الأرض بأنها راجعة إلى الحرارة الداخلية. لقد تصور الأرض على هيئة محرك حرارى مر بسلسلة من التحولات انتدت عبر حقب هائلة من الزمان . وأيد الجيولوجى ليبل Lyell أفكاره ودعمها .

أما إرازموس داروينErasmus Darwin ، صديق واط بيرمنجهام، فقد أتى فى صدر تقدم القوة البخارية، ليعلن نظرية فى تطور الطبيعة ككل، بما فيها من نبات وحياة حيونية، وكان واحدا من أهم مؤسسى نمط من التفكير أعاد حفيده تشارلز داروين صياغته بصورة أنجح وطوره وأثبته بطاقة ثورية.

ولد إرازموس داروين عام ١٧٣١ فى نوتينجهامشير Nottingham-shire، وأرسل إلى كمبردج ليدرس الطب، وهنالك راح يطور عوائده كسيد من سادة المجتمع الانجليزى الأماجد.

ولم يحرز فى الطب إلا تقدما يسيرا، ومن ثم أُرسل إلي أدنبره لكى يستأنف دراسته الطبية، وصلها عام ١٧٥٤، إنه نفس الوقت الذى اخترع فيه جوزيف بلاك التحليل الكيميائى الكمى، فى سياق بحثه عن خواص القلويات. لقد كانت أدنبره فى أوج نشاطها العقلى وشكلت نظرة إرازموس دارون العلمية.

وبدأ عمله كطبيب فى ميدلاندز Midlands، وهاهنا سرعان ما اكتسب زبائن عديدين من سادة البدة وأقطاب الصناعة الجدد أمثال ويدجوود وبولطن، وقد أسعدهم أن يفيدوا من أفكاره ومن أحكامه العلمية والتقنية، فضلا عن علاجه لأدوائهم .

وفى عام ١٧٦٥ أرسل إلى بولطن تصميما لعربة بخارية تسير بواسطة أسطوانتين . كانت متطورة جدا ولم يتم تنفيذها ، لكنه تمتع بخلفية تقنية تمكنه من تقدير قيمة اختراع واط حين قابله لأول مرة بعد ذلك بعامين . ومن أجل ودجوود، اخترع داروين طاحونة هوائية أفقية لطحن الألوان .

وأسدى العون فى تصميم القنوات، التى أنشأها ودجوود لنقل المنتجات الصناعية المتزايدة الأحجام. وفى سياق هذا، اخترع الصعد المزدوج لرفع مراكب نقل البضائع فوق التلال، وهى أداة ميكانيكية اتخذت فى ألمانيا على نطاق واسع فيما تلا عام ١٩٣٠. وتزوج روبرت نجل إزموس داروين من سوزانا ابنة ودجوود، والتى أصبحت أم تشارلز داروين .

ومن بين التخطيطات الهندسية الأخرى التى خلفها إرازموس، لمضخات الدوارة دائمة الفيض، والتوربينات المائية والبخارية. وصمم صورة متقدمة للمرحاض. ووضع تصميما لآلة تتحدث ويمكنها النطق بألفاظ بسيطة.

وما يلفت النظر على وجه الخصوص استخدامه لآلة القوة المركزية الطاردة فى الطب. فقد عنّ له أن حالة المجانين يمكن إبراؤها عن طريق تقليل ضغط الدم فى رؤوسهم. فصمم آلة مركزية طاردة كبيرة لجعل المريض ينعطف فجأة عند نهاية ذراع طويلة، مما يجعل الدم ينزف من رأسه . وقد وضع جيمس واط الرسم الهندسى لهذا الجهاز الميكانيكى. والآن أمثال هذه الآلات المركزية الطاردة جزء من جهاز يستخدم لتدريب رواد الفضاء كى يصمدوا لتغيرات الجاذبية فى الصواريخ والأقمار الصناعية .

واهتم إرازموس داروين اهتماما خاصا بعلم الأرصاد الجوية، وفيزياء تكون السحب فى الغلاف الجوى وفى تفسيره لكيفية تكون السحب، أعطى أول بيان ملائم عن التمدد بثبات الحرارة والضغط وقد لاحظ وجود ما نسميه الآن الجهات الدافئة والبردة، واقترح قياس اندفاع التيار الشمالى - الجنوبى للهواء،

يتكون من أسطوانة أفقية تعين الشمال والجنوب وتتضمن دوارة لتعيين اتجاه الريح وتسجيل النتائج.

وكان أول من كون أفكار صحيحة عن بنية الغلاف الجوى؛ وارتأى أن الأجراء الخارجية القصوى تتكون أساسا من الأيدروجين . وتمسك بأن الشفق ظواهر كهربائية تحدث على ارتفاع يزيد عن خمسة وثلاثين ميلا.

كانت معارفه فائقة الترتيب وقد نظمها بشكل خاص فى قصيدتين علميتين طويلتين، عنواناهما (الحديقة النباتية) و (معبد الطبيعة). أعطى فى القصيدة الأولى تلخيصا للعلم المعاصر له، فى أبيات وحواش نثرية، شارحا إسهامات واط وبريستلى وهطن، ومغزى هذه الإسهامات. ووضع فى قصيدة (معبد الطبية) صورة عامة لنظرية فى تطور الإنسان والمجتمع البشرى عن بقع مجهرية تشكلت أول الأمر فى البحار البدائية. والفكرة الحديثة عن أصل الحياة وتطورها تماثل نظريته .

كان الكتاب العظام فى عصر إرازموس على وعى تام بإسهاماته فقد وصفه كولريدج بأنه «أكثر شخصيات أوروبا سعة فى الاطلاع على الأدب» إذ كان مثل وردثورث وشيللى، يدين له دينا عميقا بكثير من الأفكار. وفى مستهل الثورة الصناعية لم يكن ثمة قسمة فاصلة بين العلم والأدب. فقد تنامت هذه القسمة عندما أصبح النظام الإجتماعى الصناعى الحديث أكثر تعقيدا وامتد نطاق تطبيق القسمة فى العمل.

فاتجهت هذه الأنشطة الحياتية المختلفة لأن تتحدد بصفة أكثر حسما ولأن تصبح الاختلافات بينها أكثر حدة ومال كل نشاط لأن يستأنف طريقه بوصفه غاية فى حد ذاته. أصبح الكتاب «من أسحاب الأدب» واعتبروا العلم والأعمال التجارية خارج مجالهم. وأصبح رجال الأعمال معنيين أولا وأخيرا

بالأرباح، ونظر العلماء إلى الأدب على أنه خارج مجالهم. وبوفاة إرازموس
دروين عام ١٨٠٢ سزعان ما أصبحت وجهات النظر هذه متعارفا عليها وقائمة
على أساس وطيد سلم بها تسليما الرجال الذين ناهزوا الحلم فى السنوات
الأولى من بواكير القرن التاسع عشر، بما فيم حفيد إرازموس داروين نفسه
تشارلز وبدا إرازموس داروين فى عيون الجيل الجديد كهاو محلق ، وأحسو أن
مجمل ما أنجزه من جديد على الأسس الاحترافية الملائمة بالنسبة لهم .

وفى عام ١٨٠٩ ولد تشارلز داروين. ورث من خصائص سلالة ودجوود
فى عائلته أكثر مما ورث من خصائص سلالة داروين. فكان مثل جوزيا ودجوود
شديد المثابرة والنسقية فى البحث، ورجل أعمال بارع . لقد كون تشارلز داروين
ثروة تقدر بمائتين وسبعة وأربعين ألفا من الجنيهات، بينما كان جده يتقاضى
أتعابا عالية من مرضاه الأثرياء ولكن يعالج عديدا من الفقراء بغير مقابل، فخلف
ثروة ضئيلة نسبيا أثارت دهشة تشارلز.

وقد بعث والد تشارلز بنجله إلى أدنبره لدراسة الطب . وكان تشارلز قلقا
من الوضع المقيت للطب فى تلك الأيام، وأحرز تقدما هزيلا فى دراساته الطبية.
فقام والده بنقله وإرساله إلى كمبردج ليدرس دراسات كنسية .

وأخفق تشارلز فى هذه الدراسات نفس إخفاقه فى الدراسات الطبية، بيد
أنه اكتسب موهبة فائقة فى جمع الخنافس.

لقد استبقى عينات نادرة فى فمه ريثما تسنح له الفرصة للآحتفاظ بها.
لفتت مهارته فى الجمع الأنظار، ودُعى للذهاب فى رحلات جماعية مخفضة
التكاليف بصحبة كبار علماء التاريخ والنبات والحيوان فى الجامعة . وبعد
حصوله على درجة علمية متواضعة راح يقرأ قراءة حرة . ومن بين كتبه كان
ثمة سرد همبولت Humboldt لقصة أسفاره فى أمريكا الوسطى وبغتة ألهب
هذا العمل خياله. وبمعية هذا قرأ كتاب جون هرشل J.Herschel «دراسة فى

الفلسفة الطبيعية» الذى أعطاه إدراكا واضحا للمنهج العلمى. تفتحت عقليته بهذين الكتابين، وبدا له أنه يمكن أن يصبح عالما، ويفر من الطب والكنيسة. وبعد هذا بفترة قصيرة أخبره واحد من معلميه فى كمبردج أن الكابتن فيتزروى Fitzroy ينظم رحلة حول العالم ويرغب فى أن يرافقه أحد علماء التاريخ الطبيعى. فهل هو على استعداد للذهاب ؟ حار تشارلز، واستشار والده، فكان ضد هذه الفكرة فاستشار جوزيا ودجوود، خاله ونجل الخزاف العظيم، فشدد على نصحه بأن يسافر .

كان تشارلز آنذاك فى الواحدة والعشرين من عمره، وذهب ليرى فيتزروى الذى لم يكن قد تجاوز بعد الخامسة والعشرين. وكان سليلا غير شرعى للملك تشارلز الثانى، وابن أخى كاستلاريه Castlereagh، وقد انتحر مثله فى النهاية. كان فتزروى بحارا ماهرا، له شخصية عنيفة لكن صريحة ؛ ومؤمنا متعصبا بالكنيسة والعبودية. هدف رحلته هو مسح سواحل أمريكا الشمالية لحساب الحكومة البريطانية.

وعاد بمجموعة رائعة من الخرائطلخطوط السواحل وللمرافىء. كانت سفينة فيتزروى، البيجل The Beagle، لاتنقل إلا ٢٣٥ طنا[١].

ولها ملاحون لا يقلون عن سبعين ،ووسائل المعيشة فيها شحيحة لأقصى الحدود. أقلعت فى نهاية عام ١٨٣١، ونجح تشارلز فى أن يشارك هذا الرجل الفذ فى قمرته سنوات ، إذ كان له عظيم الصبر والسيطرة على النفس .

انبهر داروين بباكورة المشاهدالتى رآها من النباتات والحيوانات المدارية . لقد فاقت كثيرا كل مادار فى خياله من قبل . واحتفظ بمفكرة يومية دونت بدقة بالغة، وتبدى من الوهلة الأولى انشغاله المسبق والعميق بالمشاكل العلمية وبدلالة

(١) الطن (Ton) هنا مختلف عن الطن العادى (الألف كيلو) ، فهو وحدة للسعة الحملية فى السفينة تساوى أربعين متراً مكعباً.

ما رآه، كانت عبقريته مفطورة فيه، لكن القدرة الفذة لهذه العبقرية على الدرس النظامى بدا أنها تدين بالكثير لقراءاته المبكرة لجون هرشل عرف منذ البداية كيف يسوس عقله ومادة دراسته. اصطحب معه مجلدات من أبحاث ليل فى الجيولوجيا، وكانت لاتزال تحت الطبع .

فاستثارت إعمال عقله فى المشاهد المدهشة للأنذير. وبينما كان هناك خبر بنفسه زلزالا وراقب آثاره الرهيبة وتفكر مليا فى القوى التى أحدثته والتى لابد وأن تكون قد أحدثت آثارا مماثلة فى الماضى. واهتز بعمق لحضوره بركانه فى تيراديل فوجو Tirra del fuego وبالبوين الشاسع بين الهجمى البدائى والإنسان الأوربى. وأيضا تركت الكميات الهائلة من حفديات الحيوانات المنقرضة انطباعا عميقا على داروين .

واخيرا بعد ثلاث سنوات من العجائب، والتى بدت جميعها شديدة الترويع فى مواجهة خلفية بذاكرته عن المشهد الإنجليزى الهادىء بلغت البيجل جزر جالاجوس Galapagos، وهى مجموعة من الجزر على خط الاستواء تبعد عن غرب الإكوادور حوالى ثمانمائة ميل.

وذكر له حاكم الجزيرة أن السلاحف فى الجزر العديدة مختلفة، وأن المرء قد يعرف من مشهد السلحفاة الجزيرة التى أتت منها. وآنذاك وجد داروين أن هذا ينطبق على الطيور بالمثل.

وتفكر فى مغزى هذه الملاحظات وسرعات ما شكل تصورا مؤداه أن هذه الأنواع الشتى من الحيوانات انحدرت عن أنواع أقل عددا، وجدت طريقها إلى مختلف الجزر ثم تكاثرت، والحالة المنعزلة التى وجدت نفسها فيها جعلت خلفاءها يكتسبون إلى حد ما الخصائص المميزة المختلفة تبعا لقاطنة كل جزيرة على وجه التعيين .

لقد كانت هذه أكثر ملاحظة مثمرة وواعدة من بين ما اصطنعه من ملاحظات موحية ضخمة العدد وواسعة النطاق، وكان لها النصيب الأكبر فى تحفيزه على تصور نظريته فى التطور . وبعد عودته انجلترا بدأ عام ١٨٣٧ فى كتاب جديد، تحت عنوان «أصل الأنواع» (Origin of Species)، أودعه تأملات فى المادة التى خرج بها من رحلته العظيمة وفى وقائع أخرى بدا لها ثقلها على المسألة . تبدت بجلزء واقعة تطور الكائنات الحية عن أنواع بسيطة إلى أنواع أكثر تعقيدا . ولكنه لم يستطع فى البداية أن يتصور أية آلية يمكن أن يحدث هذا عن طريقها .

وفى عام ١٨٣٨ أطلع على كتاب مالتوس Malthus «مقال فى مبدأ السكان» حيث حاج بأن السكان تتجه إلى التكاثر بمتوالية هندسية، بينما تتزايد موارد الغذاء بنترالية حسابية فقط ومن ثم شكلت صعوبة الإمداد بالغذاء عامل ضبط يكبح نمو السكان. وأوعز هذا لداروين بأنه فى مثل هذه الظروف لن يبقى على قيد الحياة إلا الكائنات ذات الخصائص النوعية الأصلح، بينما ستباد الكائنات ذات الخصائص الغير صالحة . وفيما بعد أصبحت هذه الآلية توصف بأنها مبدأ الانتخاب الطبيعى، وقد زودته بالحل الذى كان يبحث عنه .

وأنذاك وضع داروين خطة عمل ضخم من أجل طرح دليل كامل ومفصل لنظرية التطور بواسطة الانتخاب الطبيعى.

وفى عام ١٨٥٨، حين كان قد انشغل بالفعل فى هذا العمل لمدة إحدى وعشرين سنة، تنامى إلى سمعه عالم التاريخ الطبيعى ألفريد رسل ولاس قد وصل إلى تصور مماثل على أساس ملاحظاته فى أرخبيل الملايو. ولمزيد من حسن الحظ أقر داروين وولاس باستقلال عمل كل منهما عن الآخر. وفيما بعد نشرا مقالا صغيرا مشتركا، يطرحان فيه جوهر نظريتيهما. ناقش داروين أصداقاؤه ليقنعوه بنشر ملخص للعمل الذى أعده طوال الإحدى والعشرين سنة

الأخيرة. وفعل هذا على وجه السرعة، وقام بنشره عام ١٨٥٩ تحت عنوان : «فى أصل الأنواع بواسطة الانتخاب الطبيعى أو بقاء أصلح الأجناس فى الصراع من أجل الحياة». وهذا العمل الذائع الصيت، الذى يحتل فى تاريخ العلم منزلة تضاهى بالمنزلة التى احتلتها برنكبيا نيوتن، كان مجرد عرض، فى لغة غير فنية يمكن أن يقرأها أى شخص متعلم، عرض لمغزى الكتلة الضخمة من الملاحظات والأفكار التى كدسها طوال الربع قرن السابق .

وكما هو الحال مع نيوتن، لم يكن عمل داروين الرائد المتميز هو عمله العظيم الوحيد فقد كتب سلسلة من المجلدات طبق فيها النظرية الجديدة على أوجه مختلفة من الطبيعة العضوية. فى كتابه «انحدار الإنسان» "Descent of Man" طبقها على تطور الإنسان، فكان بحق مؤسسا لعلم الانثربولوجى (الإناسة) الحديث.

وفعل المثل لعلم النفس فى كتابه «التعبيرات عن العواطف فى الإنسان والحيوان». وفى كتابه «اختلاف الحيوانات والنباتات تحت ظروف التدخين» بدأ فى وضع علم الوراثة أو المورثات (الجينات)، على أسس علمية .

وقد نشر كما هائلا من رسائل علمية صغيرة متخصصة فى القشريات البحرية والشعب المرجانية وفى تخصيب النباتات ،كى يبين أنه ليس مجرد تأمل، مثلما قال البعض عن جده الموهوب وعن رجال آخرين مبرزين أنهم كانوا مجرد متأملين .

وبعد هذا العرض المهيب للفكر والملاحظة لم يعد ثمة إمكانية لأى شك معقول فى حقيقة عمل مبدأ التطور. ولم يكن من قبيل المصادفة أن هذا انحاز لواحد من سلالة أولئك الرجال الذين قادوا التطورات التقنية والعلمية للثورة الصناعية .

الفصل الخامس :

البحث عن المعادن

والدراسة العلمية للأرض

كان المجتمع الأوروبى طوال العصور الوسطى قائما إلى حد كبير على نظام التجمعات المستكفية بذاتها، فالأشياء المجلوبة من الخارج شحيحة، من قبيل الذهب والتوابل التى كانت مطلوبة لإضفاء شىء من المذاق الطيب على الأطعمة المستبقاة لاستعمالهم بأساليب جدباء. كانت هذه الأشياء قليلة المقدار عالية القيمة، وفرت أرباحا باهظة للرحالين الجسورين، وأولئك فى بحثهم عنها قد اكتشفوا طرق المسالك عبر آسيا وحول أفريقيا وإلى أمريكا. وسلك هؤلاء المرتادون الأوائل سلوك قطاع الطرق تجاه الناس ذوى الوسائل الجفولة. فيسلبون ذهبهم بالقوة، إذا ما أمكنهم فعل هذا والإفلات من العقوبة.

ومع تزايد السكان وتنامى التجارة فى أوربا إبان القرنين السابع عشر والثامن عشر، أصبحت الأطعمة والمواد الخام مصادر أعظم للثروة . فكان ثمة ربح يجتنى من السكر والتبغ والقطن المتاحة للكثيرين أعلى من الربح المجتنى من الذهب والمجوهرات المتاحة للقلة. وأوعز هذا بتنقيب للأرض أكثر نظامية. بغية اكتشاف الجديد من السلع والمعادن والنباتات والحيوانات والتى عساها أن توفر موارد ناضرة للسكان المتزايدين والصناعات المتنامة .

أما فى بريطانيا فإن سيادة النظرة التجارية التى تلت النهضة البرلمانية قد انعكست فى إقامة الحكومة البريطانية لأول معهد علمى. إنه المرصد الملكى المقام فى جرينتش عام ١٦٧٥. وكان هذا المرصد من أجل مواصلة البحث فى علم الفلك على وجه التعيين وذلك كوسيلة للارتقاء بالملاحة .

واضطلع الموهوبون من أبناء تجار المدينة بدراسة هذا العلم. وكان إدموند هالى E.Halley فى طليعة الرواد منهم، وقد ولد عام ١٦٥٦. والده صانع صابون ثرى، وامتلك جده العديد من الفنادق والحانات. أجرى هالى تجارب فى المغناطيس حين كان صبيا. واكتشف لنفسه أن مجال المغناطيس الأرضى فى لندن عرضة للتغير. فاشترى له والده آلات فلكية، ودرس الهندسة والفلك. وقبل أن يبلغ عامه العشرين أكمل عمل كوبرنيقوس وكبلربأن وضع برهانا حاسما على أن الكواكب تتحرك فى أهليلج تقع الشمس فى إحدى بؤرتيه .

وحتى ذلك الوقت كان مجمل علم الفلك قائما على رصودات أجريت فى نصف الكرة الشمالى. وبدا جليا ضرورة رسم خرائط للسماوات الجنوبية بنفس الجودة. واعتزم هالى أن يقوم بمثل هذا المسح. أيد أبوه الفكرة تأييدا مفعما بالحماس. فوهب ولده إيرادا سخيا وضمن له تأييد الحكومة وشركة الهند الشرقية[1]، إذ كانتا معنيتين بالملاحة الآمنة. منحت الشكة هالى مضجعا مجانا بسفينة فى رحلة إلى سانت هيلانه، وأبحر هالى عشية عيد ميلاده العشرين، كى يشاهد السموات الجنوبية وتلك الجزيرة المنعزلة والنائية .

سجل الفلكى الشاب مواقع ثلاثمائة وواحد وأربعين نجما. فشكلت أول بيان مصور (كتالوج) موضوع من المشاهد المقرابية (التلسكوبية) .

وسجل هالى العديد من الرصودات الأخرى، منها أول عبور كامل للكوكب عطارد عبر قرص الشمس . وتأدى به هذا إلى تعيين أن رصودات عبور الزهرة ستوفر أدق منهج معروف آنذاك لحساب بعد الشمس عن الأرض الذى يعد من الوحدات الأساسية فى علم الفلك .

---

(١) شركة الهند الشرقية أسستها انجلترا بالتجارة مع الهند، كما هو معروف كانت هذه الشركة المقدمة المباشرة لاحتلال انجلترا للهند.

وفى أعقاب هذاأمضى عامين يرتحل فى أوروبا ويتباحث مع أئمة الفلكيين. وفضلا عن إكمال رصد السموات استهدف إنجازالمثل للمغناطيسية الأرضية حتى يمكن وصفها تفصيلا وبدقة لخير نوتية العال. وفى إنجازه لهذا قام بتخطيط نظرية عن أصل المغناطيسية الأرضية، تماثل فى خصائصها النظرية المقبولة فى عصرنا هذا. واخترع نظاما من الرموز لتناول كتل الوقائع الإحصائية، لا تزال هى الإخرى رهن الاستعمال. وفى غضون هذه الأبحاث، تأدى به الأمر إلى دراسة فيزياء الأرض ككل، أو الجيوفيزياء، وهذا العلم تواصل دراسته الآن وعلى نطاق عالمى منظمات من قبيل «الحولية الجيوفيزيقية الدولية Inter geophysicalyear natioal"Æ†

وبوصفه فى طليعة مريدى نيوتن، قام بتطبيق النظرية الجديدة للجاذبية على حساب مسارات المذنبات . وتنبأ بأن مذنب عام ١٦٨٢ اللافت سيعاود الظهور حوالى عام ١٧٥٨. وأصبح هذا المذنب معروفا باسم «مذنب هالى»، وطرح أول برهان خطير عن طريق التنبؤ لنظرية الجاذبية .

والإحصاءات التى استلزمتها حسابات هالى جعلته يخترع مناهج رياضية منقحة لتناول علم الإحصاء. وطبق هذه المناهج على الإحصاءات الحيوية للمواليد والوفيات، من أجل دحض العلاقة بين النجوم والحياة البشرية، ومن ثم تقويض نفوذ علم التنجيم. وكنتيجة لهذا البحث، أسس النظرية الرياضية للتأمين على الحياة .

وفى عام ١٦٩٨ أرسلته الحكومة البريطانية فى بعثة جديدة ليعاين اتجاه البوصلة المغناطيسية عبر المحيط الأطلنطى لصالح الملاحة. لم يكن بحارا محترفا، ولكنه أبحر بمركبته إلى حدود انتاركتيكا، حيث حط على جزر كبرى من الجليد، ونجح فى العودة إلى الوطن بأمان، مزودا بمجموعة مكثفة من المعطيات من أجل رسم خريطة لمغناطيسية العالم .

أنجز هالى العديد من الإسهامات الأخرى[1]. وتعلم لاجرانج Lagrange من أعماله كيف يطور المنهج الحديث لتطبيق الرياضيات على المشاكل الفيزيائية. ثم أعلن، وهو فى الثانية والستين من عمره، أن نجوما معينة من النجوم الثابتة لابد وأن تكون قد تحركت عن موضعها فى العصور الغابرة . وأومأ هذا إلى أن عالم النجوم كان يغير من شكله ويخضع لعملية ما للتطور. وذلك هو مستهل الكوزمولوجيا الحديثة .

قضى هالى نحبه عام ١٧٤٢، عن عمره يناهز السادسة والثمانين . وظهر مذنبه فى حينه بعد هذا بحوالى ستة عشر عاما، مانحًا إياه صيتا طبق الخافقين فى ذكراه.

---

(١) من أهمها ترجمته عن العربية – لكتاب هام جداً ، هو «القطوع المخروطية»، لأبلونيوس، الذى يعد بمجلداته الثمانية من الخطوات الجوهرية فى تاريخ الرياضيات . فكتاب أقليدس الأعظم «أصول الهندسة» اقتصر على الهندسة المستوية ، ولم يتعرض لهندسة المجسمات . وهذا ما عمل على التعرض له اللاحقون لأقليدس من علماء الهندسة القدامى، أمثال هيبسكليس السكندرى Hypsicres وأريستايوس وسواهما . يتقدمهم جميعاً أبلونيوس بكتابه المذكور الذى يعد الإكمال الحقيقى الناضج للهندسة الإقليدية بما ينقصها من هندسة للمجسمات ضرورية لعلم الفلك على الخصوص فقد اعتمد كبلر فى برهنة قوانينه على هندسة المجسمات ونظريات أبلونيوس ...

وحين تألقت الحضارة العربية ، وإبان عصر الترجمة الذهبى الذى شهدته تحت رعاية المأمون ، وفى قلبها النابض آنذاك بغداد ، توالت كوكبة من ألمع الرياضيين أمثال بنى موسى وثابت بن قرة على ترجمة كتاب أبولونيوس، وتنقيح هذه الترجمة ، فضلا عن دراسات جمة عنها ، وقد وضعوه تحت اسم «المخروطات».

وقد ضاعت أصول الكتاب . ولم يبق للبشرية إلا الترجمة العربية (المخروطات) ، وعالمنا إدموند هالى هو الذى قام بترجمة الكتاب من العربية إلى اللاتينية عام ١٧٠٢ .

هكذا يتكشف لنا عمق وجدية اضطلاع هالى بالمهام العلمية . ليس فقط لأهمية الكتاب المذكورة بالنسبة لعلم الفلك ، ولكن أيضا من إتقانه اللغة العربية التى كانت اللغة العلمية طوال عصر النهضة ، وملاحقته لدرة من دور التراث الإسلامى الذى كان أساسا من أسس تلك النهضة .

تنبه العلماء لاقتراحه بأن عبور الزهرة ، المتنبأ به حوالى عام ١٧٦٨، لابد من رصده بعناية، من أجل قياس بعد الشمس. فتقدموا باقتراح للحكومة كى تدعم بعثة إلى تاهيتى فى المحيط الهادئ، لإجراء الرصودات. صدقت الحكومة على الاقتراح، وزودتهم بسفينة وطاقم من الملاحين. وعينوا السيد جيمس كوك J.Cook قبطانا، وهو بحار شديد الاقتدار، آت من ويتبى Whitby وكان ابنا لعامل زراعة من يوركشاير .

لم يكن كوك حينذاك ضابطا يحمل رتبة، ومن ثم لم يتمتع بالتوقير كسيد من سادة المجتمع . وقد اكتسب صيتا بأن اصطنع خرائط دقيقة بصورة مبهرة لنهر سانت لورانس ذلك فى مواجهة الأعداء، لتسيير الغزوة التى قام بها الأسطول البريطانى والتى أدت إلى الاستيلاء على إقليم كيوبيك Quebec وفتح كندا. وقد كان التقابل بين كوك وبين المستكشفين العظام فى المراحل الأسبق من أمثال دريك Drake ورالى Raleigh لافتا للأنظار. فهم ينتمون لنظامين اجتماعيين مختلفين، لهما أهداف ومفاهيم ومناهج مختلفة. فكان كوك على طابع الفروسية والقرصنة . إنه يماثلهما فى الجسارة ولكن بأسلوب مختلف .

فلم يكن يحارب مالم يكن من ذلك بد، أنه أنجز فى فن الملاحة أعمالا بطولية فذة تكاد لا تصدق. إذ قاد سفينة لما يزيد عن ألف ميل خلال مجاهيل حيد[1] التخوم البحرى الكبير Creat Barrier Reef بعيدا عن يابسة الشاطىء الشرقى لاستراليا، وذلك عن طريق سبر مستمر لأعماق الماء بالحبل والرصاص[2]، فكان يشق طريقه بحذر خلال الحيود المرجانية وهو قاب قوسين أو أدنى من غرق السفينة وتحطمها ومن الهلاك .

(١) الحيد البحرى سلسلة صخور قرب سطح الماء ، والحيد المرجانى سلسلة كتل من الشعب المرجانية أيضا قرب سطح الماء (الجمع : حيود) .

(٢) أى أن تشد قطعة رصاص إلى حبل يدلى فى الأعماق المراد سبرها ، فيكشف الجزء المغمور من الحبل عن مقدار العمق .

أبحر كوك فى مبدأ الأمر كصبى من صبية إحدى مراكب ويتبى التى تسير بالفحم ، وقد اختار لوحدته واحدة من تلك السفن الخشنة لكن القادرة على مواجهة العواصف البحرية وضع لها اسما جديدا هو «الإنديفور Endeavour» (المغامر) وصاحبه طاقم علمى ليقوم من تاهيتى بالرصودات الفلكية لعبور الزهرة.

ولحق بالمحفلة مالك الأراضى الثرى من مقاطعة لينكولنشاير والعالم الطبيعى جوزيف بانكز J.Banks، وكان حينذاك فى الخامسة والعشرين من عمره، وذهب على نفقته الخاصة مصطحبا معه تسعة مساعدين ومجموعة وافرة من التجهزات العلمية. وذلك لوضع مجموعات نظامية من النباتات والحيوانات والمعادن ولجمع المعلومات عن الشعوب فى مختلف الأراضى التى زارها . وصلت الأنديفور إلى تاهيتى فى أبريل من عام ١٧٠٩، ورصد الفلكيون عبور الزهرة. وفى نفس الوقت كان بانكز ومساعدوه منشغلين فى إجراء معاينات علماء الطبيعة ودراسة الشعوب فى البلدان التى مروا بموانئها إبان رحاتهم البحرية. وأبحر كوك بالمراكب الشراعية إلى نيوزيلندا .

ولاحظ بانكز أنه يمكن هاهنا زراعة المحاصيل الأوربية. ومن نيوزيلنده شرع كوك فى استكشاف سواحل استراليا. ووجد بانكز فى أحد الأمكنة العديد الجم من النباتات الجديدة حتى أنه أطلق على ذلك المكان اسم خليج النباتات. وبعد عامين أبحر كوك بسفينته عائدا بأمان إلى أرض الوطن.

وقد أنجزت مهمته إنجازا هائلا. إذ شوهد عبور الزهرة، وأجرى هو نفسه مالا حصر له من المسوحات شديدة التدقيق والتفصيل للسواحل المجهولة. وعاد بانكز بثمانيمائة نوع جديد من النباتات ، وقد استوفى إمكانية استعمار نيوزيلندا واستراليا .

لم يكن الملك جورج الثالث إلا واحداً من فيالق بهرتهم قصة هذه الرحلة . استقل كوك وبانكز. وكان هو نفسه مزارعا ومربى مواش ، ووجد نفسه مطمئنا إلى بانكز، وجعله عام ١٧٧٨ رئيسا للجمعية الملكية .بقى بانكز فى هذا المنصب اثنين وأربعين عاما، يقود عالم العلم البريطانى بسياسة محكمة ومثمرة منفقة مع احتياجات العصر التجارى، والذى كان قد بلغ تمام نورته وبدأ يسوده التصنيع . قال بانكز إن رحلته مع كوك أول رحلة علمية مخصصة للاكتشاف ، وهى رائدة الرحلات العلمية التى يجرى الآن تنظيمها بصورة مطردة لاكتشاف مكنونات وعمليات الأرض بأسرها .

وبفضل تأثير بانكز، قام جورج الثالث بتأسيس حدائق الكو Kew Gar-dens فأصبحت مركز المعلومات وتبادل النباتات فى الامبراطورية البريطانية. ويعود اليه الفضل فى استقدام نبات الشاى من الصين إلى الهند وسيلان. وأرسل القبطان بليه Bligh فى رحلة السفينة بونتى الشهيرة، وكان الغرض منها استقدام زراعة أشجار ثمرة الخبز[١] من تاهيتى إلى جزر الهند الغربية. وترك تسخير بانكز للعلم فى بناء الأمبراطورية تأثيره على نابليون، فكان على استعداد للانصات إلى شفاعات من بانكز بأن العلماء من كلا الجانبين لن يستجيبوا لتحرشات المقاتلين فى الحرب بين الأنجليز والفرنسيين .

وأصبح بانكز بوصفه رئسا للجمعية الملكية ومن خلا سلطته الشخصية، مستشارا للدولة فى العلم . فكان يعين الأشخاص فى اللجان العلمية للحكومة .

إن إسحق نيوتن وجوزيف بانكز هما أعظم رئيسين للجمعية الملكية فى العصر التجارى؛ نيوتن هو الأبرز فى تكييف الفلك والرياضيات لاحتياجات العصر، وبانكز فى تكييف التاريخ الطبيعى وعلم الأحياء الوصفى .

---

(١) أشجار ثمرة الخبز هى أشجار استوائية طويلة من فصيلة الخبزيات التى تنتمى إلى أشجار عائلة التوت ، وهى تنتج ثماراً كبيرة لا بذور لها، تشتمل على لب نشوى يماثل فى لونه ونسيجه الخبز.

على أن المتطلبات المتزايدة والملحة لحركة التصنيع فى المرحلة الأخيرة من رئاسة بانكز، فى بدايات القرن التاسع عشر، قد استدعت سياسة جديدة للعلم. وتأتت من رجال ينتمون للعصر التالى، وقد ألهمتهم بها الصناعات التى كانوا هم أنفسهم على اتصال مباشر بها، وبصورة أو هى التجارة عبر البحار والاستكشاف.

اهتم رجال العصر التجارى بالمواد، من حيث هى وسائط للتجارة، سواء أكانت هذه المواد بضائع مصقولة الصنع من قبيل الأقمشة القطنية من الهند أو كانت منتجات خاما من قبيل أشجار الأخشاب من روسيا. لقد نقبوا العالم بحثا عن الأشياء التى كانوا يستطيعون الاتجار فيها. أما الصناعيون فكانوا أكثر اهتماما بخصائص المواد والعمليات التى يمكن عن طريقها تحويل المواد إلى منتجات مرغوبة أكثر. على هذا النحو كان اهتمامهم منصبا على خصائص المادة، وكيف يمكن تحويلها، أى كان اهتمامهم بالفيزياء والكيمياء، بدلا من التاريخ الطبيعى والكشوف التى عساهم أن يجدوا عن طريقها مواد التجارة جاهزة فى مكان ما ناء على ظهر الأرض .

وعلى وجه التعيين طولب العلماء فى جلاسكو بالتوصل إلى نوع من المعلومات العلمية يعوز رجال الصناعة. فشرعوا فى تصور الكيمياء والفيزياء فى حدود الأفكار الصناعية. واهتموا اهتماما بارزا فى عملياتهم الصناعية بالخواص المستديمة للمواد. فاعتبروا السوائل والغازات كموانع مستديمة، والمواد الصلبة كسوائل مستديمة التجمد. ومنذ بداية الثورة الصناعية، حوالى عام ١٧٥٠، أصبح الكيميائيون والفيزيائيون ولفترة من الزمن أقل اهتماما بالنظريات الذرية للمادة . فلم تكن هذه النظريات قد تطورت بعد بما يكفى لإبقاء مزيد من الضوء على العمليات الكيميائية، إنها نظريات لم تنتعش إلا حين أصبح ثمت حقائق كيمائية وفيزيائية تكفى لأن تزودنا بأساس ملائم لها .

وكان جوزيف بريستلى[1] J.Priestley (١٧٣٣ - ١٨٠٤) مبرزا فى اكتشاف حقائق كيميائية. إنه ابن لصانع ملابس ونساج من بوركشير، كان قد اتخذ نحو الكيمياء التجريبية توجهات رب صنعة من هذا القبيل . مارس العمل فى منزله الخاص، فكان يجرى تجاربه فى المطبخ ويقوم بتسخين جهازه على موقد المطبخ. فطور منهج تناول الغازات فى أكواب مقلوبة فوق أحواض الماء[2].

ومن ثم واصل بريستلى التجارب فى مطبخ الحديقة، واستنبت غصينات النعناع فى قوارير. تأدى به هذا إلى الاكتشاف العظيم لكون النباتات لها فى الليل القدرة على أن تعيد للهواء المستهلك قدرته على إقامة الحياة . وقبل أن يشرع فى أبحاثه، كان الكيميائيون لديهم إدراك واضح عن ثلاثة غازات فقط هى الهواء وثانى أكسيد الكربون والإيدروجين.

فاكتشف بريستلى عشرة غازات جديدة، من بينها الأكسجين. واعتمد على خبرته العائلية فى تقصى آثار الغازات على الكائنات العضوية. فاستخدم الفئران، التى كان كوخه يعج بها، محتفظا بها فى أقفاص صممت من الناحية الصحية فى مكان خلف مدخنة المطبخ، حيث كانت درجة الحرارة حوالى سبعين درجة فهرنهيت على مدار العام، لأن النار ما كانت تترك لتخمد أبدا .

إن المناهج الكمية التحليلية التى طورها بلاك والمجموعة الباهرة من الحقائق الكيميائية الجديدة التى اكتشفها بريستلى قد استغلها انطوان لوران

---

(١) جمع بريستلى بين العلم واللاهوت ، فكان قسيساً نصرانيا من طائفة الموحدين ، التى تنكر عقيدة التثليث . وهذه آراء غير سائدة . نشرها فى كتاباته الفلسفية واللاهوتية والساسية، فلاقى بغضاء ، وزاد بانتصاره للثورة الفرنسية ، فاحرقت الغوغاء بيته ، وهرب هو من انجلترا إلى أمريكا - فى نفس العام الذى شهد إعدام لافوزييه.

(٢) هذا المنهج خطوة جوهرية فى تاريخ العلم ، إذ أدى إلى قهر الصعاب التى كانت تحول بين الكيميائيين وبين التجريب على الغازات

لافوازييه A.L.Lavoisier (١٧٤٣ ـ ١٧٩٤) لتفجير ثورة فى علم الكيمياء وإقامته على أساس حديث.

والكيميائى الفرنسى العظيم أساسا مسئول تنظيمى ومدير، ميال للدرس والتفكير. فلا هو أستاذ كبلاك ولا هو رب صنعة كبريستلى. وأصبح من الرؤساء العموميين لضرائب الفلاحين فى فرنسا . وأولئك كانوا صيارفة من نوع خاص، تكفلوا فى العهد الملكى البائد بأن يدفعوا للحكومة مبلغا متفقا عليه مقابل الحق فى جمع الضرائب. والغالبية العظمى منهم استغلت المنصب لتبتز ثروات خاصة من دافعى الضرائب، فقوبلوا كطبقة بكراهية عنيفة. وكانت أنشطتهم أحد الأسباب المباشرة للثورة الفرنسية .

لم يكن لافوازييه واحدا من جباة ضرائب الفلاحين المعدومى الضمير. كان كفئا فى الجباية ومتعقلا فى إيراداته الخاصة لكن نال نصيبه من ازدراء الطبقة. وثمة صلابة فى شخصيته جعلته عزوفا عن التنازل عن أى شئ . وتبدى هذا فى علامات استفهام حول الأسبقية فى الكشف . وفى مناسبات عديدة ، إن لم يكن يدعى بالفعل ملكية اكتشافات لرجال آخرين ، فإنه لا يعترض بجدية حين تعزى إليه . أصبح إداريا صناعيا مبرزاً . وعين مدير مصنع فرنسى لصنع البارود، فأدخل تحسينات على القوة الانفجارية للبارود وضاعف انتاجية المصنع لما يقرب من خمسة أضعاف ، وكانت التحسينات التى أدخلها أحد أسباب الانتصارات اللاحقة لجيوش لثورة الفرنسية .

لقد كانت انجازات لافوازييه وثيقة الصلة بعمله فى التصنيع الحربى ، إذ كان قادراً على استخدام موارد الترسانة للقيام بتجاربه. فكانت كيمياء المتفجرات ملائمة تماما لتركيز انتباهه على طبيعة الاحتراق. كان لافوازييه ليبراليا فى منظوره السياسى وتعاطف مع الأهداف الأصلية للثورة، وعلى أية حال ، أدخله الجمهور فى هوية جباة ضرائب الفلاحين المكروهين، مما أدى إلى إعدامه . أما القصة القائلة إن رئيس المحكمة التى حاكمته قال : «إن الثورة فى

غير حاجة إلى دارسين» فقصة غير حقيقية[١].

ومع أواسط القرن الثامن عشر أدى الاهتمام المستحدث بالمواد إلى كشف ومعرفة العديد من المواد الجديدة ، الجامدة والسائلة والغازية . وتم إدراك الفوارق بين مختلف الأملاح القلوية ، وتمييز الصودا عن البوتاس، والقلويات عن التراب القلوى، مثل الكالسيوم والماغنسيوم . وبحث بلاك فى المغنيسيا، الذى بدأ من النظر فى آثارها حين استخدمها كعلاج، قاده إلى تعيين الغاز الذى سمى فيما بعد ثانى أكسيد الكربون. لقد أسماه بلاك «الهواء الثابت» وتصوره على أنه نوع متحول من الهواء العادى . إذ كان الكيميائيون لازالوا يفسرون المواد فى حدود «العناصر الأربعة» المأخوذة من العصور الغابرة : التراب والهواء والنار والماء. ونظروا إلى الغازات بصفة عامة على أنها متغيرات الهواء العادى ، والذى افترضوا أنه الصورة العنصرية للغاز .

وكان تعيين بلاك لهوية «الهواء الثابت» ذا أهمية فائقة ، لأن ثانى أكسيد الكربون له دور شديد الاتساع فى الطبيعة وذلك لأنه ناتج الاحتراق والتحضير والتنفس . لقد أدرك بلاك هذه التضمينات الطبيعية والصناعية والحيوية .

وفى نفس هذه الفترة كانت المعرفة بالمعادن تتزايد كثيراً. عرف الزنك على أنه مادة من نوع خاص، وكذلك الكوبالت والنيكل ومعدن البزموت. وفى أواسط القرن الثامن عشر جلب البلاتين من أمريكا . واكتسب أهمية عظمى بفضل مقاومته للحرارة وخصائصه الحفزية. لقد أدى فيض الحقائق الجديدة إلى بلبال عقلى ، والنظريات التى افترضت أصلا من أجل تفسير بضع حقائق أصبحت متناقضة وانهارت حين تطبيقها على العديد من كوثر الحقائق الجديدة .

---

(١) وثمة رواية أخرى تقول إن إعدام لافوازييه كان بسبب وشاية ، أوشى بها زميل عالم له كان غادرا ووصوليا ، وهو انطوان فرانسوا دى فوركروى A.De Fourcroy (١٧٥٥ – ١٨٠٩) كان طبيبا محترفا ثم اهتم بالكيمياء . واتصل بلافوازييه فى بعض بحوثه. ولما جاءت الثورة أوشى بوشايته تزلفا بها ، فاختير نائبا عن باريس فى مؤتمر القومى ، وبعد ذلك عينه نابليون فى مجلس الدولة

كانت الظاهرة الكيميائية الحاسمة فى مطلع الحقبة الصناعية هى الاحتراق ، والتغيرات الكيميائية فى المواد التى تحدث بفعل الحرارة .

وأضفى الدكتور والكيميائى الألمانى إشتال(١) على لذك البلبال شيئا من النظام عن طريق تقديم نظريته فى الفلوجستون. وهذا المصطلح مشتق من كلمة إغريقية تعنى وضع الأشياء على النار، وقد طبقه شتال على كيان لا وزن له، كان من المفترض أنه يجعل المواد التى تحتويه تشتعل بسهولة . والتغيرات التى تحدث حين تشتعل المواد عُزيت إلى خروج الفلوجستون منها. وبافتراض وجود مثل ذلك الكيان، أمكن استخدامه لاعطاء تفسير متسق لمدى واسع من الظواهر. وكان المفهوم صورة مستحدثة من الفكرة العتيقة عن عنصر النار، وتصور كيان بلا وزن بدا معقولا، طالما أن الحرارة لايبدو لها وزن، وهى مع هذا ذات فعالية عظمى .

واكتشاف بلاك لثانى أكسيد الكربون الذى يختلف اختلافا جوهريا عن الهواء العادى تلاه تعيين هنرى كافنديش H.Cavendish لهوية الإيدروجين عام ١٧٦٥، واكتشاف بريستلى للأوكسجين عام ١٧٧٤ وهذا جعل الفكرة القديمة عن الهواء العادى بوصفه أحد العناصر فكرة يصعب استصوابها . واكتشف بريستلى أن الهواء العادى يحتوى على مكون يدعم الاحتراق بصورة أقوى مما يفعل الهواء العادى ذاته ، ونجح فى انتاج هذه المادة عن طريق تسخين أكيد الزئبق الأحمر ، وتبيان أن اللهب يشتعل فيه اشتعالا أكثر اتقادا منه فى الهواء العادى، وفسر المادة الجديدة على أنها هواء عادى فقد فلوجستونه، وسماها «الهواء عديم الفلوجستون Dephilogisticated ». ثم بين كافنديش إمكانية الحصول على الماء بأن يتفجر معا مقداران من «هوائه الغير قابل للاشتعال» بالاضافة إلى مقدار من هواء بريستلى «العديم الفلوجستون».

---

(١) كان شتال طبيبا ، درس الطب فى جامعة بينا ، وعمل طبيبا فى بلاط دوق فايمار ، ثم الطبيب الخاص لملك بروسيا ، وصار أستاذ الطب فى زمانه. لكنه اشتهر بنظريته الكيميائية فى الفلوجستون.

طرحت نظرية الفلوجستون تفسيرا معقولا جدا لأغلب هاتيك التجارب لكن كان ثمة استثناءات ، إذ شرع لافوازييه فى دراسة ظاهرة الاحتراق حوالى عام ١٧٧١، حينما كان فى الثامنة والعشرين من عمره . وسرعان ما صاغ الرأى القائل إنه حين تحترق فى الهواء تمتص جزءاً منه.

لقد أعاد اجراء التجارب الرئيسية التى أجريت من قبل، وأكد الملاحظة العتيقة المعروفة منذ عهد جالينوس (١٣٠ - ٢٠٠م)، بأن مواد معينة يزيد وزنها حين تسخينها فى الهواء . وهذا ما لاحظه مجربون شتى عبر القرون غير أن لافوازييه طبق على تجاربه الطرائق الفنية الكمية التحليلية بواسطة الوزن ، والتى كان قد ابتدعها بلاك فى تجاربه على القلويات ، وأكمل تجاربه حتى حصل على نفس الأرقام فى زيادات الوزن حين الاحتراق. لم يكتشف لافوازييه أية مواد جديدة ولا أية ظواهر جديدة ، فقد كان هدفه مختلفا، وهو أن يجرى تجارب يمكنها تحديد ما يحدث فى ظواهر معروفة، لكى يفصل القول فيما إذا كان تفسير أو آخر لها صائبا ، هذا ما أسماه بيكون التجارب الحاسمة ، لأنها تفصل القول حول ما إذا كانت نظرية ما غير صائبة. لقد استحضر لافوازييه فى قلب الكيمياء الروح النقدية التنظيمية التى مارسها بمثل ذلك النجاح العظيم فى جباية الضرائب ، وفى إدارة مصنع البارود. اختلف منظوره عن بريستلى وكافنديش، اللذين كانا أكثر اهتماما باكتشاف حقائق جديدة ونظريات جديدة.

أثبت بلاك أن كمية «الهواء الثابت» أو ثانى أكسيد الكربون التى يمتصها الكلس مساوية تماما لوزن «الهواء الثابت» الذى يمكن استخراجه من الكربونات الناتجة عن طريق التسخين ، وقد فسر هذا بغير الالتجاء إلى الفلوجستون واتبع لافوازييه هذا الطريق باثبات أن معدنا حين يتم تسخينه فى كتلة مغلقة من الهواء فإن الزيادة فى وزن المعدن مساوية تماما للفاقد فى وزن الهواء المطوق.

كانت تجربته مماثلة لتجربة بلاك ، وبدا له أنها هى الأخرى لابد وأن تكون قابلة للتفسير بغير الالتجاء إلى الفلوجستون ، افترض فى البداية أن الجزء

الذى امتصه المعدن من الهواء أيضاً «هواء بلاك الثابت». ولم يدرك أنه الأكسجين حتى بعد أن أخبره بريستلى، فى زيارة لباريس، عن اكتشافه لما أسماه بالهواء عديم الفلوجستون، الذى يجعل لهبا يشتعل بصورة أكثر اتقاداً من اشتعاله فى الهواء العادى . وآنذاك بدأ لافوازييه يعى أن الزيادة فى وزن معدن حين تسخينه فى الهواء راجعة إلى الاتحاد بجزء من الهواء يختلف اختلافا جوهريا عن بقية الأجزاء. إنه غاز بريستلى الجديد، والذى لم يكن هواء بغير فلوجستون كما اعتقد بريستلى، بل كان مادة أخرى، فى البداية أطلق عليه لافوازييه اسم «الهواء الحيوى» ، وفيما بعد أسماه الأوكسجين، لأن المحلولات المائية لمركباته مع المعادن كانت حمضية ، وأدرك أن «هواء كافنديش الغير قابل للاشتعال» هو الآخر مادة من نوع معين ، أو عنصر . ووضع له اسما جديداً هو الإدروجين «تعنى تشكل الماء» .

لقد كان لافوازييه أول من استخدم بصورة فعالة مصطلح «عنصر» بالمغزى الكيميائى الحديث . وشرع فى إعادة تقرير التفاعلات الكيميائية المألوفة فى مصطلحات الأوكسجين والإيدرجين وبغير استخدام مفهوم الفلوجستون الذى أصبح نافلة .

ونشر عام ١٧٨٩ كتابه «مقال أولى فى الكيمياء» حيث أعيدت صياغة المادة العلمية من هذا المنظور، وقام بتعداد ثلاث وثلاثين مادة، على قدر استطاعته المعروفة المعاصرة آنذاك، بدت أنها عناصر، وتم التعبير عن التفاعلات الكيميائية فى مصطلحات كمية على غرار طريقة بلاك وهذا الرد للمادة العلمية إلى مصطلحات كمية وجه الانتباه إلى العلاقات العددية بين المقادير الدقيقة التى تتحد بها العناصر المختلفة مع بعضها وبينت دراسة جون دالتون J.Dalton (١٧٦٦ - ١٨٤٤) لهذه العلاقات أنه يمكن تفسير سمات كثيرة لها بافتراض أن العناصر مكونة من ذرات وسائر الذرات فى أى عنصر معين متطابقة الخصائص.

الفهرس